Digitized by Google

THE
UNIVERSITY
OF CHICAGO
LIBRARY

Google

Zeitschrift

für

populäre Mittheilungen

aus dem

Gebiete der Astronomie und verwandter Wissenschaften.

Herausgegeben

von

Professor Dr. *C. A. F. Peters,*
Director der Sternwarte in Altona.

Erster Band.

ALTONA.
Buchdruckerei von Hammerich & Lesser.

1860.

The
UNIVERSITY
OF CHICAGO
LIBRARY

Inhalt.

Vorwort.

Die Zeitschrift, von der hiermit das erste Heft erscheint, ist, wie auch bereits in der Ankündigung (Astron. Nachr. № 1122) erwähnt worden, als eine Fortsetzung der *Schumacher*'schen Jahrbücher anzusehen. Sie wird demnach astronomische und physikalische Abhandlungen und Tabellen enthalten, die für jeden gebildeten Leser von Interesse sein können; nur die Ephemeriden werden jetzt wegfallen, da sie neben den grösseren astronomischen Jahrbüchern überflüssig erscheinen.

Das vorliegende Heft enthält Abhandlungen über periodische Erscheinungen der Pflanzen und über den Erdmagnetismus, die um so grösseres Interesse erregen dürften, da die Herren Verfasser derselben die in der neuern Zeit so verbreiteten Beobachtungen in diesen Zweigen der Naturwissenschaften vorzugsweise angeregt haben.

Das zweite Heft wird einen Aufsatz von Herrn Staatsrath *Mädler* „Zur Cometenkunde", einen Artikel über dessen Centralsonne und eine Uebersicht des Sonnensystems enthalten. —

Altona, im September 1858.

Der Herausgeber.

Periodische Erscheinungen der Pflanzen

von

A. Quetelet,
Director der Sternwarte in Brüssel.

Der Astronomie gehören die bewunderungswürdigen Gesetze, welche den Gang unserer Erde um die Sonne, und die Umwälzung derselben um die eigne Axe bestimmen; und auch zu derselben Wissenschaft gehört es, den Wechsel der Jahreszeiten und die Folge der Tage zu erklären, welche das Leben über die Erde verbreiten. Das Studium der Körper, welche unter diesem heilsamen Einfluss leben, erstreckt sich auf die beiden interessantesten Reiche der Natur, das Thierreich und das Pflanzenreich. Es ist dem Astronomen unmöglich, indem er seine Augen über die Erde schweifen lässt, nicht erstaunt zu sein über die Mannigfaltigkeit und Pracht, welche der Wechsel der Jahreszeiten hervorbringt. Ich werde nicht von allen Wirkungen sprechen, denn es wäre unmöglich, ohne auf alle Wissenschaften einzugehen; sondern ich will in dem folgenden Aufsatze nur Betrachtungen anstellen über einige Gesetze, welche sich auf die Pflanzenwelt beziehen.

Man hat gefunden, dass nicht nur die Folge der Jahreszeiten und der Stunden des Tages die merkwürdigen Unähnlichkeiten in dem Gange der Erscheinungen leitet, sondern, dass die Verschiedenheit der Ortsbeschaffenheit und die scheinbar zufälligsten Umstände bemerkbare Wirkungen hervorbringen. Der unsterbliche *Linné* ist einer der ersten, die sich mit dieser Art von Phänomenen beschäftigt haben, aber nach einigen Jahren glaubte er diesem Gegenstande seiner Thätigkeit entsagen zu müssen.*)

*) In seinen aménités académiques theilt *Linné* seine ersten Versuche mit, welche er in den Jahren 1750, 1751 und 1752 unternahm, um vergleichende Beobachtungen der Blüthezeit zu erhalten; und er setzt sehr gut auseinander, welche Vorsicht man an wenden muss, um gute Resultate zu erhalten. Seite 371.

Die Mitarbeiter dieses berühmten Naturforschers fühlten sich, trotz seiner Empfehlungen, nicht so sehr davon angezogen, dass sie hinreichend die Nothwendigkeit erkannten, die Beobachtungen in congruenter Weise anzustellen, die verschiedenen einwirkenden Ursachen in Betracht zu ziehen. Die Theorie und die Anwendung der Mittelwerthe waren noch nicht bekannt genug, und ihr Gebrauch war zu sehr begränzt, als dass man sie auf lebende Gattungen anwenden konnte.

Erst seit ungefähr 25 Jahren fühlte man die Nothwendigkeit, auf dieselben Schwierigkeiten zurückzukommen, und von den vollkommenen Mitteln, in deren Besitz die Wissenschaft gelangt ist, Nutzen zu ziehen. Das Studium dieses schwierigen und interessanten Problems erwachte beinahe zu gleicher Zeit in verschiedenen Ländern, und bei Gelehrten, die keine Verbindung mit einander hatten; was am besten darauf hinzuweisen scheint, dass die Zeit für das Studium dieser wichtigen und interessanten Gegenstände gekommen war. Zu der Zeit, als ich in Belgien dieses schwierige und bis auf einen gewissen Punkt meinen gewöhnlichen Arbeiten fern liegende Studium begann, wurden ähnliche Versuche in den Vereinigten Staaten von Amerika und in verschiedenen Gegenden von Deutschland, besonders durch die Fürsorge der Herren *C. Kreil* und *Fritsch* bewerkstelligt.*)

*) Unabhängig von den Versuchen dieser Gelehrten, werden wir diejenigen der Herren *Humboldt*, *Boussingault*, *Martius*, *Sennebier*, Abbé *Cotte*, *Schübler*, *Berghaus*, *Schouw*, *Baden-Powell*, *Forster* u. s. w. anführen. Ich lasse hier das folgen, was Herr *M. Fritsch* über die Gleichförmigkeit der Beobachtungen geschrieben hat, deren Vortheile er besonders erkannt hatte.

„Verhältnisse bestimmten mich, dem Plane der Beobachtungen eine Einrichtung zu geben, die den Anschluss an das System vermittelt, welches Herr *A. Quetelet*, Director der K. Sternwarte in Brüssel in dem „instruction pour l'observation des phénomènes périodiques" (Tome IX Nr. 1 des Bulletins de l'académie royale de Bruxelles) entworfen hat und dabei die Ausführung der Beobachtungen, so wie ihre Übersicht so viel als möglich erleichtert. Der Umkreis der Beobachtungen wurde demnach auf die nächsten Umgebungen von Prag beschränkt, hierselbst aber meistens nur solche Pflanzen zu den Beobachtungen gewählt, welche in der eben erwähnten Instruction anempfohlen worden sind, deren Bestimmung keinen Schwierigkeiten unterliegt, oder welche so häufig vorkommen, dass die bisher angestellten Beobachtungen hingereicht haben,

Jedoch trat erst in dieser letzten Zeit und zwar auf dem statistischen Congress, der in Wien im Herbst 1857 abgehalten wurde, das Bedürfniss hervor, ein allgemeines Programm anzunehmen und die Beobachtungen auf verschiedenen Punkten der Erdoberfläche genau auf gleiche Weise anzustellen. Der Versammlung wohnten die Vertreter der aufgeklärtesten Völker bei; es ward möglich, gleichmässige Maasse festzustellen, die von äusserstem Nutzen waren für Phänomene, deren genaue und gleichartige Behandlung so schwierig ist.

Herr *Fritsch,* welcher im Namen der deutschen Gelehrten für dieses aufgeklärte Land ein besonderes Programm angeordnet hatte, gab ihm gern eine allgemeine Form, welche von den verschiedenen Nationen angenommen wurde.

Ich werde mir Mühe geben, in den folgenden Zeilen einige der wichtigsten Resultate anzuführen, welche man bis zu diesem Tage erhalten hat. Ich werde zuerst über die hauptsächlichsten einflussreichen Ursachen der Phänomene, die sich auf die Pflanzen im Allgemeinen beziehen, sprechen; dann werde ich mich den Pflanzen zuwenden, die in Brüssel wachsen: und schliesslich die Entwickelung dieser Erscheinungen an einigen der wichtigsten Punkte der Erde betrachten. Aber ich werde immer von dem besondern Wunsche geleitet sein, einige genau vergleichbare Beobachtungen zu erhalten, welche endlich gestatten werden, dieses wunderbare und interessante Problem der Entwicklung der Pflanzen in einer Weise zum Abschluss zu bringen, die dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft entsprechend ist.

---

1. Ueber die hauptsächlichsten Ursachen, welche auf die Entwicklung der Pflanzen von Einfluss sind.

Die Entwicklung der Pflanze ist von so vielen eigenthümlichen Ursachen abhängig, dass man auf die Hoffnung verzichten müsste, sie alle anzugeben, wenn man die Absicht hätte, sie aufzuzählen

die Epochen ihrer verschiedenen Entwicklungs-Sphären wenigstens annähernd zu bestimmen. „Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag, von *Karl Kreil.* Achter Jahrgang, 1848 p. XXVII."

und ihren Werth und Einfluss zu bestimmen. Man muss in der ersten Zeit nothwendiger Weise sich begnügen, die einflussreichsten Ursachen zu erkennen zu suchen und ihren Einfluss, wenigstens ihren wahrscheinlichsten Einfluss, anzugeben.

Ich habe in einer früheren Arbeit*) versucht, diese Ursachen aufzuzählen und sie unter allgemeine Gesichtspunkte zu bringen, in der Hoffnung, dass man so ihre Einflüsse besser erkennen werde. Hier die hauptsächlichsten derselben:

1. Atmosphärische Umstände. Temperatur, Einfluss der Sonnenstrahlen, Zustand des Himmels, Feuchtigkeit, Wind, Dichtigkeit der Luft, Electricität, Zustand des vergangenen Jahres.
2. Individuelle Umstände. Verschiedenheiten der Pflanze, Alter, doppelte oder einfache Blüthe, ob früher oder kürzlich gepflanzt, ob sie gut oder weniger gut sich entwickelt; Gewohnheit der Pflanze.
3. Oertliche Umstände, Beschaffenheit des Bodens, Lage.
4. Umstände, herbeigeführt durch die geographische Lage. Breite, Länge, Höhe über dem Meere, Länge der Tage.

Für eine und dieselbe Person, die beständig in derselben Gegend dieselbe Pflanze beobachtet, wird es ausreichend sein, auf die atmosphärischen Umstände Acht zu haben, weil die andern Umstände alljährlich dieselben sind und die Gesetze der Entwicklung der Pflanze nicht stören können. Das Alter allein ändert sich; aber diese Veränderung wird keine merkliche Wirkung hervorbringen, zumal bei Bäumen und Sträuchern.

Bei den Wirkungen der Temperatur sind besonders zwei Dinge zu betrachten; die Epoche, wann sie anfängt zu wirken und das Maass dieser Wirkung.

Einige Naturforscher haben geglaubt, die Temperaturen von der Zeit an zählen zu müssen, wo die Pflanze ihre letzten Blätter verliert; andere haben als Anfang den ersten Januar gewählt, noch andere haben den Augenblick des ersten Erwachens der

*) „Sur le Climat de la Belgique, phénomènes périodiques des plantes.“ Tome I. pag. 4 in 4°; oder in den Annales de l'observ. Roy. de Brux. Tome V.

Pflanze angenommen. Aber welches ist im Allgemeinen dieser Augenblick? Kann man annehmen, dass er derselbe ist für alle Pflanzen, oder dass er nach den Arten veränderlich ist, und im Allgemeinen über dem Gefrierpunkte liege? Wir werden uns entschliessen, diese letztere Epoche anzunehmen, welche auf die Jahreszeit des Schnees und Reifes folgt.

Wie soll man nun aber die Wirkungen der Temperatur bestimmen? Zahlreiche Beobachtungen haben mich davon überzeugt, dass die Pflanze sich viel rascher in einer mittleren Temperatur entwickelt, wenn diese veränderlich ist, als wenn sie gleichförmig bleibt. Wohlverständlich können diese Veränderungen nur in einer Temperatur über dem Gefrierpunkt in Betracht gezogen werden. Durch zahlreiche verglichene Beobachtungen habe ich so zu erkennen geglaubt, dass die hervorgebrachten Wirkungen sich verhalten wie die Quadrate der Temperaturen, also nicht direct wie die Temperaturen selbst. Also wird eine gleichförmige Temperatur von 10 Graden weniger Einfluss hervorbringen, als eine andere mittlere von 10 Graden, welche zwischen den Grenzen 8 und 12 Grad schwankt. Die Wirkungen sind wie 100 zu 104 und man wird im Allgemeinen, wenn man statt einer constanten Temperatur t eine Temperatur hat, die zwischen den Grenzen $t+a$ und $t-a$ schwankt, statt t^2, t^2+a^2 haben. Der Unterschied für die Quadrate besteht demnach in der Grösse a, welche die Veränderung der Temperatur darstellt; aber diese Aenderung selbst ist beschräukt durch Bedingungen, die für die Existenz der Pflanze nothwendig sind.

Die Methode, die auf die Vegetation hervorgebrachten Wirkungen nach dem Einfluss der Temperatur zu schätzen, ist alt. Sie ist angewandt worden durch Gelehrte von grossem Ruf, durch *Boussingault*, *de Gasparin*, *Réaumur*, *Adanson*, den Abbé *Cotte* u. s. w.; sie hat auch den Vorzug einer sehr leichten Rechnung und kann leicht genügen in einer grossen Anzahl von Fällen. Aus diesem Grunde wird man, wie ich glaube, immer geneigt sein, sich dieser Methode vorzugsweise zu bedienen; aber die Landwirthe werden schwerlich zugestehen, dass die Wirkungen der Vegetation dieselben bleiben, wenn die mittlere Temperatur unverändert bleibt, wie im Uebrigen auch die Veränderungen sein mögen, welche die Temperatur darbieten kann.

Ich werde nicht von der Hypothese sprechen, die inzwischen von einem berühmten Physiker, Herrn *Babinet*, aufgestellt ist; derselbe will eine Idee einführen, die gänzlich von der verschieden ist, auf die ich geglaubt habe fussen zu müssen, indem er annimmt, dass die Wirkungen der Vegetation den Quadratwurzeln der Temperatur proportional sind. Ich bin nur in Folge einer Ueberzeugung, die sich auf Erfahrung stützt, von der einfachen Idee der Botaniker abgewichen. Diese Abweichung war nothwendig, um bei der Wahrheit zu bleiben; ich kann daher eine Idee nicht aufnehmen, die mich weiter davon entfernen würde und die ausserdem zu verwickelteren Rehnungen führt.

Die Extreme der Temperatur, sagen wir, dürfen nicht gewisse Grenzen überschreiten, dasselbe gilt für die mittleren Temperaturen. Es genügt in der That nicht, dass eine Pflanze eine gewisse Summe von Temperaturen oder von Quadraten der Temperaturen empfangen habe um zur Blüthe zu gelangen; es ist auch nöthig, dass diese Temperaturen zu einer gewissen Höhe sich erhoben haben, unter der die Entwickelung der Blüthe niemals stattfinden würde. „Es ist nöthig," sagt *Humboldt*, „um im Grossen trinkbaren Wein zu erzeugen, dass nicht nur die mittlere Temperatur des Jahres sich über 9° oder 9°8 erhebe, und dass sie im Winter nicht unter 1° oder 1°5 sei, sondern hauptsächlich, dass sie im Sommer zum wenigsten über 18°5 hinauskomme." *) Nur die Erfahrung kann uns darüber belehren, wie weit sich der Einfluss dieses Mittels erstreckt.

Eine Pflanze, die nur unter einer Temperatur von 15 Grad zur Blüthe kommt, wird ihre Knospen verwelken sehen bei einer constanten Temperatur von 14 Grad, während sie sich bei einer zwischen 12 und 16 Grad schwankenden Temperatur mit Blüthen bedecken wird. Bei 12 Grad Wärme wird sie nicht zur Entwicklung kommen, aber bei 16 Grad wird sie ausschlagen und ihre Knospen entfalten, selbst dann, wenn die Temperatur während der Nacht niedriger wird.

Man hat wenig Erfahrungen gemacht über den Einfluss der Sonnenstrahlen und der Feuchtigkeit der Luft, allein es genügt, einige Zeit hindurch aufmerksam die Fortschritte der Vegetation

*) Asie centrale tome III. pag. 33.

verfolgt zu haben, um diese Einflüsse zu erkennen. Nicht ohne Verwunderung sieht man wie die Pflanzen sich krümmen und drehen, um dahin zu gelangen, einige Sonnenstrahlen zu erhalten, die andere Pflanzen ihnen zu rauben suchen; oder wie sie in den Theilen, wo sie zu sehr der Wirkung der Luft beraubt sind, ganz ohne Entwicklung bleiben. Bisweilen selbst, in grosser Nähe andrer Pflanzen, verlassen sie die senkrechte Richtung ihres Wuchses und biegen sich gegen diejenigen Stellen, wo das Licht und besonders die Strahlen der Sonne ihnen in grösserer Fülle zukommen.

Man sieht auch, dass die Pflanzen nach Regengüssen, die lange haben auf sich warten lassen, gewissermaassen ein neues Leben beginnen, ungeachtet der hohen Temperaturen, die bis dahin herrschten, und ungeachtet des Sinkens derselben, welches dem befruchtenden Niederschlage folgte.

Der Mangel an Feuchtigkeit der Luft macht sich besonders fühlbar gegen die Wiederkehr des Frühlings, wenn die Belaubung ihre erste Entwickelung beginnt. Häufig ist die Vegetation selbst bei günstigen Temperaturen gänzlich gehemmt. Diese Veränderung beweist hinreichend, dass man mit Unrecht die Temperatur als alleinige Ursache der Vegetation betrachtet; ja noch mehr: ungeachtet der Erhebung der Temperatur kann das Wachsthum der Pflanzen gehemmt, die Keime können zerstört werden, wenn die befruchtende Wirkung des Regens ihnen nicht zu Hülfe kommt.

Der Zustand der Electricität der Luft ist innig verbunden mit der Wirkung der Vegetation; diese beiden Erscheinungen halten genau gleichen Schritt. Jedoch will ich nicht hiermit behaupten, dass die eine unmittelbar von der andern abhängt, denn alle beide können durch dieselben Ursachen hervorgerufen werden. Wenn man in der That die Atmosphäre als zusammengesetzt ansieht aus zwei wesentlich verschiedenen über einander gelagerten Theilen, deren Dichtigkeit nach den Jahreszeiten sich verändert, wird man besser die hervorgebrachten Wirkungen begreifen. Im Winter ist die Wirkung der Temperaturen bei weitem weniger anhaltend und weniger thätig. Die untere Luftschicht, beständig in Bewegung während des Tages, hat folglich weniger Dichtigkeit als im Sommer. Die obere Schicht, die nicht in Bewegung ist, senkt sich tiefer und wenn ihre untere Partie auf die electrischen Phänomene Ein-

fluss äussert, wird man begreifen, dass diese Erscheinungen mit grösserem Einfluss im Winter als im Sommer sich zeigen werden. Und dies bemerkt man in der That. Ich habe zahlreiche Beobachtungen über diese Art der Erscheinungen gemacht, die regelmässig um die Mittagsstunde während eines Zeitraums von 14 Jahren seit 1844 fortgesetzt wurden, und meine sämmtlichen Resultate bestätigen das, was ich eben vortrug. Ich werde hier nur die Resultate von 1844 bis 1852 angeben, bei denen ich die Tage, wo Gewitter waren, zusammenstellen werde, dann die Tage mit Frost, mit Nebel und die Grade der Heiterkeit des Himmels, zugleich mit Angaben des *Herschel*'schen Aktinometers fur dieselbe Stunde. Man wird mit grösserer Leichtigkeit über die Art der Wirkung aller dieser Agentien und über die Beziehungen urtheilen, welche zwischen ihnen und dem Zustande der Vegetation stattfinden.

Electricität, Stand des Actinometers, Frost, Nebel u. s. w. (1844—1852).

Monat	Gewittertage	Electricität der Luft im Monat		Frosttage im Monat	Neblichte Tage im Monat	Klarheit d. Himmels in einem Tage	Actinometer um Mittag
		Grad des Instruments	Mittlere Werthe				
Januar...	0,2	48	456	16,3	7,4	0,26	8°37
Februar..	0,2	46	376	10,2	5,5	0,29	13,57
März....	0,8	35	170	8,6	4,4	0,39	17,29
April....	0,8	24	103	2,2	2,3	0,46	20,49
Mai.....	1,5	19	64	0,0	2,5	0,40	22,22
Juni.. ..	2,7	17	41	0,0	1,5	0,46	24,74
Juli.....	2,8	18	49	0,0	1,0	0,39	24,44
August...	3,0	22	61	0,0	2,5	0,46	23,15
September	1,3	26	74	0,0	5,2	0,48	21,65
October..	0,3	32	137	0,3	7,2	0,37	15,85
November	0,2	41	257	5,2	7,6	0,31	11,75
December	0,1	47	450	11,5	10,4	0,33	8,13
Im Monat	1,2	31	186	4,5	4,8	0,38	17,64
Im Jahr..	13,9			54,3	57,5		

Man sieht, dass die Masse der Electricität um die Mittagsstunde im Winter viel grösser ist als im Sommer; das Verhältniss ist ungefähr wie 11 zu 1. Diese Zunahme geht ungefähr gleichen Schritt mit den Frost-, und neblichten Tagen und umgekehrt, wie die Tage der Gewitter, wie die Heiterkeit des Himmels und die Angaben des Actinometers. Diese Resultate werden sich leicht erklären lassen, wenn man sie abhängig macht von dem beweglichen Theile der Atmosphäre, der in unmittelbarer Berührung mit dem Erdboden ist und der, weniger hoch im Winter, nahezu der einzige ist, auf den unsere Experimente bis jetzt sich haben beziehen können.

Noch besser werden sie sich erklären, wenn man die Natur der Wolken betrachtet. Der Himmel bewährt weit mehr seinen stabilen Zustand in den Wintertagen, als in den Tagen des Sommers. Die Erwärmung ist dann weniger fühlbar und weniger anhaltend, so dass der Zustand, den man dabei bemerkt, weniger Veränderungen im Laufe eines Tages unterworfen ist. Anderntheils ist die Dicke der bewegten Schicht, derjenigen Schicht, welche die Wolken trägt, im Winter geringer und man bemerkt dann weniger als in der Sommerszeit die höherstehenden Wolken, als cirrus, cirrocumulus und cumulus. Diese Resultate werden noch deutlicher hervortreten beim Anblick der nachfolgenden Tafeln, wo man zugleich bemerken wird, dass das Auftreten der Regen-Wolken, der Nimbus, bei weiten häufiger in der warmen Jahreszeit ist als im Winter.

Zustand des Himmels nach den Monaten. (1833—1852).

Monat.	Tage im Allgem.		Zur Zeit der Beobachtungen								
	bedeckt	klar	bedeckt	klar	aufgehellt	Cirrus	Cirr.-cum.	Cumulus.	Cum.-str.	Stratus.	Nimbus.
Januar	7,0	1,4	59,9	18,8	14,7	3,2	3,1	6,8	14,1	15,3	0,8
Februar	5,5	1,3	47,8	15,7	15,4	3,9	4,7	6,3	16,7	17,8	0,7
März	3,8	1,8	46,3	18,3	16,0	4,9	4,5	10,8	21,8	22,1	1,9
April	2,7	1,0	34,3	18,3	19,1	4,8	5,6	13,1	24,2	21,1	3,1
Mai	1,7	1,4	28,5	19,7	17,8	5,3	6,7	18,7	28,3	21,9	3,1
Juni	0,6	0,6	25,5	13,7	19,1	5,5	7,1	19,5	30,1	25,3	3,5
Juli	0,8	0,5	27,1	13,5	21,5	5,1	8,4	17,8	31,4	25,0	4,6
August	1,4	0,4	27,1	15,1	18,3	5,1	7,0	19,9	32,2	22,6	2,7
September	1,2	1,3	29,6	21,0	18,8	5,6	7,0	15,3	27,3	16,7	3,1
October	3,4	0,6	45,0	14,2	19,6	4,4	5,9	11,5	22,7	21,6	1,8
November	5,2	0,7	53,4	12,6	16,2	4,7	4,9	9,4	18,0	18,5	1,1
December	7,3	1,2	60,6	15,6	14,4	4,2	3,8	8,0	15,4	15,2	0,6
Im Jahr	40,6	12,1	485,1	196,5	210,9	56,7	68,7	157,1	282,2	243,1	27,0
Mittel	3,4	1,0	40,4	16,4	17,6	4,7	5,7	13,2	23,5	20.3	2,2
Verhältniss von Dec. und Jan. zu Juni und Juli	10,2	2,3	2,3	1,3	0,7	0,7	0,4	0,4	0,5	0,6	0,2

Ich werde nicht von den Wirkungen reden, die den Angaben des Hygrometers und Psychrometers entsprechen: es ist nämlich die Spannung des Wasserdampfes im Sommer mehr als doppelt so gross, als im Winter, während man bei der Untersuchung der beiden Instrumente findet, dass der Zeiger ungefähr 93 Grad an diesem Instrument angiebt im Winter, jedoch nur 72 oder 73 Grad im Sommer. Anderntheils ist, wie ich gezeigt habe, die Menge des gefallenen Wassers während eines Tages grösser zur Zeit der Hitze als im Winter.

Was nun die der Pflanze eigenthümlichen Umstände betrifft, so genügt es, aufmerksam einige Zeit hindurch den Zustand der Vegetation verfolgt zu haben, um die Unterschiede zu erkennen, welche aus diesen Eigenthümlichkeiten hervorgehen. Man betrachte zwei benachbarte Pflanzen derselben Art oder die Zweige derselben Pflanze an ihrem unterem Theile und am Gipfel. Man wird eine ausgeprägte Verschiedenheit bemerken: die Epochen der Laubentwickelung werden gänzlich verschieden sein.

Es giebt Pflanzen, die in derselben Gattung, z. B. bei der Kastanie, diese Verschiedenheiten so auffällig zeigen, dass man kein Bedenken trägt, sie mit den Namen frühreif und spätreif zu bezeichnen, jenachdem mehr die eine oder andere Eigenschaft hervortritt. Aus diesem Grunde wird es immer gut sein, mehrere Exemplare derselben Gattung zu untersuchen, wenn es sich darum handelt, die Umstände zu bestimmen, welche eine bezeichnete Phanze karakterisiren.

Die örtlichen Umstände, nämlich die Lage der Pflanze, die Beschaffenheit des Bodens, bringen nicht weniger merkliche Wirkungen hervor. Bisweilen zeigen nahe benachbarte Gärten in dieser Beziehung die grössten Ungleichheiten; oder schon in demselben Garten zeigt eine Pflanze, jenachdem sie in einem mehr oder weniger geschützten, mehr oder weniger fruchtbaren Boden sich befindet, Unterschiede, die man schwerlich verkennen kann. Nothwendiger Weise muss man auf diese Umstände Rücksicht nehmen, wenn man sich eine richtige Vorstellung von den Erscheinungen machen will, die uns beschäftigen.

Ein Pfirsichbaum wird in freier Luft seine Blätter und Früchte nicht zu den Zeiten zeigen, wo man sie an ihm schon wahrnehmen

würde, wenn er an einer Wand gepflanzt und der vollen Kraft der Sonnenstrahlen ausgesetzt wäre.

Nur indem man auf alle, unter sich so verschiedenen Ursachen Rücksicht nimmt, kann man hoffen zu Resultaten zu gelangen, die verglichen zu werden verdienen, und die in dieser Beziehung unseren Kenntnissen einige Genauigkeit verleihen werden.*)

Ich werde nicht von den geographischen Verhältnissen reden, deren Wirkungen sehr bekannt sind, die aber doch erfordern, dass man sie mit noch grösserer Schärfe bestimme. Man kennt jetzt sehr gut für jede Pflanze die Seehöhe, in der sie sich noch mit Blüthen bedeckt, man weiss, dass diese Höhe nahezu um 4 Tage variirt für je 100 Fuss Höhendifferenz und nahezu um dieselbe Zeit für den Unterschied eines Breitengrades. Was die geographischen Längen anbetrifft, so weiss man aus Erfahrung, dass in Nordamerika das Wachsthum der Pflanzen ebenso wie die Zunahme der Wärme im Vergleich mit denselben Breiten in unserm Klima sehr auffällig zurückbleibt. Diese Thatsachen sind sehr bemerkenswerth und man sieht ohne Mühe, dass die Verzögerungen in einem bestimmten Verhältniss zu den Temperaturen stehen. Man bemerkt auch, dass unsere mehr bevorzugten Gegenden sehr glückliche Umstände darbieten für alles, was sich auf das Wachsthum der Pflanzen und das Reifen der Früchte bezieht.

---

2. Periodische Erscheinungen der Pflanzen in Brüssel.

Die ersten regelmässigen Beobachtungen über die Pflanzen, die man in Brüssel machte, wurden im Jahre 1839 angestellt; jedoch erst zwei Jahr später fing man an, regelmässige Register über das Ausschlagen und Abfallen des Laubes zu führen. Die Lage von Brüssel gehört sowohl dem Land- als dem See-Klima an; es ist daher sehr schwierig vorherzusehen, welches bei dem allgemeinen Erwachen der Blüthezeit vorherrschen wird. Bisweilen

*) Ich habe versucht in einer andern Arbeit die Ungleichheiten der Temperaturen und des Wachsthums anzugeben für Pflanzen, die im Schatten und in der Sonne sich befanden. Phénomènes périodiques des plantes, tome 1. pag. 16 in dem Werke sur le Climat de la Belgique.

hat das See-Klima das Uebergewicht und schon vom Februar an sieht man das Grün wieder aufkeimen und die ersten Blumen sich zeigen; eben so häufig erlaubt dagegen das Continental-Klima dem Grün nicht eher sich zu entwickeln, als einen oder zweit Monate später; bisweilen auch findet ein rascher Wechsel statt und die Belaubung, die schon begonnen hatte, sieht sich plötzlich gehemmt, um später nach dieser plötzlichen Unterbrechung von neuem fortzuschreiten.

Unter den Jahren, die eine frühe Entfaltung des Laubes zeigten, will ich seit 1838 speciell anführen 1842, 1846 und 1848, und für den entgegengesetzten Zustand die Jahre 1845, 1853 und besonders 1855.*) Damit wir selbst besser mit Sicherheit urtheilen könnten, haben wir solche Pflanzen gewählt, bei denen die verschiedenen Phasen die grösste Sicherheit gewähren für die Bestimmung des Ausschlagens, der Blüthe, des Reifens der Früchte und des Abfalls der Blätter. Wir haben überdies Sorge getragen, die Pflanzen unter denjenigen auszusuchen, die sehr zahlreich waren, damit wir nicht durch solche getäuscht wurden, die einen besondern Character darbieten, indem sie bei dem Fortschreiten ihres Wachsthums entweder eilig oder langsam sind. Es ist jedoch nicht möglich gewesen, sich immer an diese Bedingungen zu binden, besonders für solche Epochen, wo die Erscheinung, welche man nachzuweisen suchte, wenige Individuen zur Untersuchung darbot.

Belaubung: Betrachten wir zuerst die Erscheinungen der Belaubung, so werden wir sehen, dass das Jahr 1846 seit dem 25. Febr. die folgenden sechs Pflanzen mit ihren aufkeimenden Blättern zeigte, nämlich sambucus racemosa, ribes rubrum, ribes nigrum, syringa vulgaris, philadelphus coronarius und rubus idaeus. Diese Pflanzen waren nicht immer die zeitigsten; das Ausschlagen der Blätter hatte sich schon bestimmt bei mehreren andern gezeigt, allein wir glaubten diese hier hervorheben zu müssen, da sie zahlreicher sind und von besonders sichern Merkmalen (zu vergl. die nachfolgende Tafel).

Dasselbe Jahr nahm noch für sechs andere Pflanzen den ersten Rang ein, deren beginnende Belaubung im Mittel auf den 21. März

*) Siehe die zweite der folgenden Tabellen.

fiel und es behauptete diesen Platz durch sechs andere Pflanzen von später Entwicklung, die immer in ihrer Belaubung zu den letzten gehören und dieses Mal ihre Blätter seit dem 13. April zeigten. Diese Pflanzen waren der Reihe nach: sorbus aucuparia, tilus europaea, prunus cerasus, aesculus hippocastanum, betula alba, carpinus betula und für die letzte Epoche vitis vinifera, rhus tiphyna, magnolia grandiflora, juplans regia, genistu juncea und quercus robur. Somit war für das Jahr 1846, das in der Pflanzenentwicklung frühzeitigste, welches wir beobachtet haben, die Erscheinung der Belaubung nahezu vollendet seit dem 13. April.

Das Jahr 1855 dagegen zeigte seine ersten Blätter erst gegen Mitte April, zu der Zeit, als das Jahr 1846 die letzte Blätterentwicklung darbot. Das letzte Laubwerk erschien dagegen im Jahre 1855 erst gegen die Mitte des Monat Mai, so dass es um einen vollen Monat im Rückstand war. Die Jahre 1853, 1845, 1847 boten nahezu dieselben Eigenthümlichkeiten dar: Die Vegetation zeigte sehr merkbare Verzögerungen.

Diese Verzögerungen rühren gemeiniglich daher, dass das Klima sehr unbeständig ist, und dass der Einfluss der Windströmungen im Allgemeinen entweder eine Continentale- oder eine Meeres-Temperatur herbeiführt. Wir werden später die durch die Windrichtung und die Temperaturen erregten Wirkungen anführen, besonders in den aussergewöhnlichen Jahren, wo ihr voller Einfluss sich bewahren konnte.

Man kann sich von der Entwicklung der Blätter während der 17 angeführten Jahre eine deutlichere Vorstellung machen, indem man für 18 sehr bekannte Pflanzen, die in drei Gruppen vertheilt sind, die Epoche des Eintritts der Belaubung für jede Gruppe vergleicht: für jede derselben haben wir die Anzahl der Tage der Verzögerung mit hinzu gefügt.

Belaubung in Brüssel (1. Gruppe).

Jahre	sambucus racemosa	ribes rubrum	ribes nigrum	syringa vulgaris	philadelphus coronarius	rubus idaeus	Mittel d. 1. Gruppe
1841		18 März		12 März	12 März		14 März
1842	16 März	11 „	13 März	11 „	12 „	13 März	13 „
1843	19 „	19 „	19 „	18 „	19 „	21 „	19 „
1844	29 „	30 „	28 „	1 April	7 April	28 „	30 „
1845	10 April	8 April	8 April	11 „	13 „	16 April	11 April
1846	26 Febr.	25 Febr.	24 Febr.	23 Febr.	23. Febr.	26 Febr.	25 Febr.
1847	24 März	26 März	26 März	23 März	27 März	27 März	26 März
1848	4 „	20 „	15 „	22 „	22 „	10 „	16 „
1849	22 Febr.	2 „	2 „	2 „	2 „	25 Febr.	28 Febr.
1850		10 „	10 „	1 April	10 „	30 März	18 März
1851	22 März	22 „	22 „	23 März	23 „	28 „	23 „
1852		28 „	13 „	21 „	21 „	31 „	23 „
1853	12 April	13 April	13 April	13 April	13 April	17 April	13 April
1854	16 März	14 März	13 März	14 März	14 März	14 März	14 März
1855	11 April	15 April	15 April	15 April	11 April	17 April	14 April
1856	6 März	8 März	8 März	5 März	5 März	15 März	8 März
1857	14 „	6 „	20 „	20 „	22 „	20 „	16 März

Jahre	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	Abweichung vom Mittel		
1841	14 März	27 März	20 April	— 6	—14	+ 8
1842	13 „	10 April	27 „	— 7	— 0	— 1
1843	19 „	31 März	20 „	— 1	—10	— 8
1844	30 „	7 April	19 „	+10	— 3	— 9
1845	11 April	21 „	28 „	+21	+11	0
1846	25 Febr.	21 März	13 „	—23	—20	—15
1847	26 März	21 April	9 Mai	+ 6	+11	+11
1848	16 „	2 „	16 April	— 4	— 8	—12
1849	28 Febr.	15 „	1 Mai	—20	+ 5	+ 3
1850	18 März	11 „	23 April	— 2	+ 1	— 5
1851	23 „	13 „	26 „	+ 3	+ 3	— 2
1852	23 „	14 „	6 Mai	+ 3	+ 4	+ 8
1853	13 April	26 „	11 „	+24	+16	+13
1854	14 März	4 „	17 April	— 6	— 6	—11
1855	14 April	20 „	13 Mai	+25	+10	+15
1856	8 März	12 „	9 „	—12	+ 2	+11
1857	15 „	16 „	3 „	— 5	— 4	+ 5
Mittel	20 März	10 April	28 April	20 März	10 April	28 April

Blüthezeit. Wir haben bei der Blüthezeit sechs verschiedene Perioden betrachtet; die eine geht der Belaubung vorher und umfasst diejenigen Pflanzen, deren wirkliche Blüthe in gewisser Beziehung die ersten Merkmale der Vegetation anzeigt. Es sind dies crocus vernus, galanthus nivalis, bellis perennis, Daphne mezereon, arabis caucasica und comus mascula. Unter diesen Pflanzen ist eine, der man vielleicht nicht ganz trauen kann: die bellis perennis öffnet in der That häufig ihre Blüthen, die seit dem vergangenen Jahre schon als Knospen vorhanden waren, und es ist ziemlich schwierig zu erkennen, ob diese Knospen neu sind oder einer frühern Vègetation angehören. Man wird schliesslich erkennen, dass die Epochen ziemlich gut mit denen der Belaubung übereinstimmen und dieselben Resultate anzeigen.

Es verhält sich ebenso mit beiden Epochen der Belaubung, die sich während der Entwicklung der Blätter zeigen, und welche dieselben Fortschritte wie auch dieselben Verzögerungen evident hervortreten lassen. Diese Epochen sind daher merkwürdig, weil sie durch die Erscheinung von Blumen bezeichnet sind, die man unter solchen auswählen kann, die gewöhnlicher und zahlreicher sind. Für die Epoche des 23. März sind es: viola odorata, muscari botryoïdes, vinca minor, narcissus pseudonarcissus, amygdalus persica und hyacinthus orientalis; und für die Epoche des 2. April hat man primula auricula, ulmus campestris, buxus sempervirens, populus fastigata, Waldsteinia geoides und ribes grossularia.

Diese Pflanzen setzen dieselben Abweichungen ausser Zweifel, welche die Erscheinung der Belaubung schon gezeigt hatte.

Man wird noch bemerken, dass in den drei folgenden Perioden der Blüthezeit der Zustand der Pflanzen in den aussergewöhnlichen Jahren hinlänglich beeinflusst war, so dass er auch während dieses Theiles des Jahres sich noch erhalten konnte. Die Blumen für die mittlere Epoche des 5. Mai waren: fragaria vesca, syringa vulgaris, aesculus hippocastanum, crataegus oxyacantha, berberis vulgaris, cytisus laburnum. Für den 3. Juni: hemerocallis fulva, papaver orientale, sambucus nigra, aster inciso-serratus, robinia pseudo acacia, digitalis purpurea; und für den 3. Juli: veronica incana, campanula bocconi, vitis vinifera, yucca filamentoso, georgina mutabilis, alcea rosea. Diese Periode, welche die ganze Blüthezeit umfasst, harmonirt also gut mit derjenigen, welche die

Belaubung darbot. Beide zeigen dieselben Resultate, dieselben Einflüsse. Die Erhebung oder das Sinken der Temperatur, die sich in den ersten Monaten zeigten, haben folglich ihren Einfluss auch in den spätern Monaten aufrecht erhalten.

Blüthezeit in Brüssel.

Jahre	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	4. Gruppe	5. Gruppe	6. Gruppe
1839		13 April	29 April	16 Mai	11 Juni	2 Juni
1840	8 Febr.	9 „	14 „	29 April	1 „	4 Juli
1841	14 März	20 März	23 „	27 „	24 Mai	28 Juni
1842	21 Febr.	14 „	16 „	30 „	29 „	23 „
1843	5 März	20 „	22 „	24 „	31 „	5 Juli
1844	10 „	28 „	3 „	27 „	31 „	2 „
1845	31 „	9 April	19 „	15 Mai	28 „	10 „
1846	22 Januar	28 Febr.	2 März	16 April	27 „	26 Juni
1847	14 März	27 März	5 April	13 Mai	8 Juni	7 Juli
1848	29 Febr.	18 „	28 März	27 April	22 Mai	29 Juni
1849	16 „	5 „	12 „	4 Mai	2 Juni	1 Juli
1850	25 „	17 „	4 April	6 „	10 „	6 „
1851	21 „	18 „	1 „	9 „	9 „	15 „
1852	13 „	16 „	25 März	13 „	9 „	8 „
1853	13 März	27 „	17 April	18 „	15 „	8 „
1854	1 „	15 „	26 März	22 April	27 Mai	11 „
1855	22 „	11 April	19 April	24 Mai	16 Juni	13 „
1856	24 Febr.	21 März	11 „	5 „	6 „	7 „
1857	6 März	17 „	1 „	8 „	28 Mai	2 „
Mittel	1 März	23 März	2 April	5 Mai	3 Juni	3 Juli

Entwickelung der Früchte. — Diese dritte Periode im Wachsthum der Pflanzen zeigt noch die bei den beiden früheren Perioden bemerkbaren Einflüsse, die wir so eben betrachtet haben. Die Reihe der Pflanzen, welche wir zuerst der Zeitfolge nach hier aufstellen, umfasst: fragaria vesca, prunus cerasus lusitanus, prunus cerasus bigarreau, ribes rubrum, ribes nigrum, ribes grossularia. Es sind dies allgemein bekannte und ziemlich zahlreiche Pflanzen, die wir gewählt haben, um so viel als möglich die Zweifel zu beseitigen, welche gegen die Genauigkeit der Angaben erhoben werden könnten. Die zweite Periode gestattet weniger

grosse Genauigkeit; sie umfasst solche Pflanzen, die zu sehr verschiedenen, und man kann auch sagen, zu weniger sicher bestimmten, Zeiten zur Blüthe kommen. Es sind amygdalus persica, prunus armeniaca, pyrus communis, avena sativa, triticum hybernum, vitis vinifera. Uebrigens sind die Beobachtungen weniger zahlreich als die für die Entwickelung der Belaubung und der Blüthe, die regelmässig alle Jahre hindurch, über die unsere Tafeln sich erstrecken, eingetragen wurden.

Das Abfallen der Blätter. — Will man nur das Datum befragen, so scheint dies Phänomen sich nicht mit denen vereinigen zu lassen, die wir so eben angeführt haben. In der That richtet sich der Abfall des Laubes nicht nach denselben Ursachen, welche die Entwickelung der Blätter und Blüthen bedingen. Der Abfall des Laubes hängt grossen Theils von der stattgefundenen Feuchtigkeits-Menge der Luft ab oder von den Winden und den plötzlich eintretenden Frösten, die in der spätern Jahreszeit sich einstellen. Die Jahrestemperaturen sind von zu mässigem Einfluss, als dass man auf sie ausschliesslich Rücksicht nehmen könnte. Die Pflanzen der Gruppe, welche Ende October ihr Laub verliert, sind: tilia europæa, æsculus hippocastanum, rhus typhinum, sorbus aucuparia, ribes grossularia, juglans regia. Die Pflanzen, welche sich etwas später entlauben, sind: berberis vulgaris, salix babylonica, amygdalus persica, quercus robur, glycine sinensis, morus alba. Gegen Ende des November ist die Entlaubung ziemlich vollständig eingetreten.

In den eben gegebenen Bemerkungen führten wir die Pflanzen für die Zeit an, wo sie schon mehr als die Hälfte ihrer Blätter verloren haben. Es würde nicht möglich sein, eine Epoche festzusetzen für den Abfall des Laubes, die überall so gut aufgefasst werden könnte als diese.

Jahr	Entwickelung der Frucht.		Abfallen der Blätter.	
	1. Epoche	2. Epoche	1. Epoche	2. Epoche
1841	6 Juni		29 Octb.	11 Nov.
1842	9 =	23 Aug.	3 Nov.	2 =
1843	16 =	2 Sept.	1 =	12 =
1844	11 =	24 Aug.	28 Octb.	8 =
1845	27 =	15 Sept.	28 =	7 =
1846	10 =	7 Aug.	29 =	7 =
1847	20 =	29 =	27 =	1 =
1848	7 =	17 =	19 =	6 =
1849	20 =	5 Sept.	21 =	7 =
1850	21 =	2 =	30 =	13 =
1851	25 =		26 =	17 =
1852	26 =	23 Juli	22 =	16 =
1853	29 =	6 Sept.	27 =	22 =
1854	20 =	26 Aug.	24 =	11 =
1855	4 Juli	31 =	23 =	24 =
1856	27 Juni		26 =	8 =
1857	11 =		1 Novb.	18 =
Mittel	19 Juni	26 August	27 Octob.	11 November

Wirkungen der Temperatur. — Unter allen Ursachen, welche auf die Entwickelung der Pflanzen einwirken, giebt es keine von bedeutenderem Einfluss als die grössere oder geringere Erhebung der Temperatur. Diese Ursache kann jedoch bisweilen bis auf einen gewissen Grad durch eine mehr oder weniger lang anhaltende Dürre oder durch andere Umstände verdeckt werden, deren Einfluss dahin geht, die Wirkungen der Temperatur zu modificiren. In solchen Jahren muss man im Allgemeinen besondere Rücksicht auf die Temperatur nehmen, wo die Entwickelung der Pflanzen von der normalen wesentlich verschieden ist.

Unter den 19 Jahren, über die unsere Beobachtungen sich erstrecken, ist 1846 dasjenige, welches durchweg die frühzeitigste Entwickelung darbietet. Nicht nur die ersten Monate des Jahres waren warm, sondern die Wärme hielt sich beständig über der durchschnittlichen Mitteltemperatur. Nur ein Monat, der Mai, blieb um 0°6 unter dem Mittel der 20 Jahre von 1833—1853.

Das Jahr dagegen, in welchem die Vegetation die langsamsten Fortschritte machte, war 1855. Die 6 ersten Monate dieses Jahres zeigten sämmtlich eine Temperatur, die unter dem durchschnittlichen Mittelwerth war.

Die Tafel, die wir hier (S. 21) geben, ist sehr geeignet, die Wirkungen der Temperaturen anschaulich zu machen und zu zeigen, dass sie in der That den hier betrachteten Phänomenen die bedeutendste Anregung geben. Wenn in den ersten Monaten eines Jahres der Frost nicht sehr streng gewesen ist, so sieht man nicht, dass die nachfolgende Vegetation erheblich darunter leidet. Die Jahre 1842 und 1848, welche in erster Reihe unter denjenigen aufgezählt werden können, die eine sehr frühzeitige Pflanzen-Entwickelung zeigten, haben doch negative Werthe für die Temperatur des Jan. In der Periode von 19 Jahren, die wir hier anführen, sind nur 5 Jahre, die diesen merkwürdigen Zustand darbieten und bei 2 von diesen war die Abnahme der Temperatur bis unter Null kaum merkbar.

Das Erwachen der Vegetation bindet sich nicht genau an dieselbe Epoche; im Jahre 1846 war die Entwickelung des Laubes beinahe beendet zu einer Zeit, wo sie im Jahre 1855 kaum begonnen hatte, nämlich gegen die Mitte des Monats März. Wir haben wahrgenommen, dass bei vorherrschend südwestlichen Winden, d. h. bei einer von der See herwehenden Luftströmung, die Blüthenentwickelung bei weitem schneller vor sich geht, als bei vorherrschendem Nord-Ost-Wind. Einestheils haben wir alle Vortheile eines See-Klimas, anderntheils treffen wir auch auf alle Unannehmlichkeiten des Continental-Klimas. Nach meinen ersten Untersuchungen *) glaubte ich behaupten zu können, dass man die Zeit des Erwachens der Pflanzen in unserm Klima festsetzen könne auf den 25. bis 27. Januar, d. h. ungefähr eine Woche nach dem kältesten Tage des Jahres, aber dass die ersten Spuren der Vegetation häufig durch neuen Frost gehemmt oder gänzlich gestört würden, so dass die Entwickelung der Pflanzen in der That erst gegen Mitte März beginne.

Gegenwärtig, wo lange fortgesetzte und sorgfältig geprüfte Untersuchungen diese Frage besser zu entscheiden gestatten, glaube

*) Pag. 26 Bd. I. Sur le climat de la Belgique, 1849; phénomènes périodiques des plantes.

ich das, was ich vor mehr als 10 Jahren schrieb, noch als richtig anerkennen zu müssen. Die frühzeitigste Entwickelung der Vegetation fällt nämlich in der That auf das Ende des Januar; allein im Allgemeinen kann man den Anfang der Vegetation nicht früher ansetzen als im März. In solchen Jahren wo diese Entwickelung langsamer vor sich geht, zeigen sich die ersten Spuren selbst erst allmälig im Verlaufe dieses Monats. Bisweilen ereignet sich ein sehr frühzeitiges Erwachen der Pflanzen, aber neuer Frost, der nachträglich sich einstellt, vernichtet diese ersten Vorboten der Vegetation.

Ich habe oben bemerkt, dass man unter allen secundären Ursachen der Entwickelung der Vegetation vorzüglich die Feuchtigkeit der Luft in Betracht ziehen muss. Regenmangel zu einer Zeit, wo das Laub in Masse sich entwickeln soll, verursacht meistens beträchtliche Störungen. Bisweilen werden dann die Pflanzen vollständig vernichtet, da sie in der Erde die zu ihrer Erhaltung nöthigen Säfte nicht mehr vorfinden.

Temperaturen in Brüssel (Centigrad).

Jahre	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.
1846	5°5	5°9	7°2	9°8	12°9	19°5	19°5	20°2	16°5
1848	—2,2	6,0	7,1	11,4	14,7	17,6	18,1	16,7	14,2
1842	—1,3	4,5	7,2	8,3	14,4	17,9	17,4	21,1	15,0
1854	3,2	3,4	7,1	10,7	13,1	16,0	18,7	17,7	15,5
1849	3,0	6,0	5,1	9,0	14,5	17,3	17,7	16,9	15,3
1851	6,4	3,9	6,5	9,8	11,7	17,2	18,0	18,4	13,7
1839	3,0	4,4	5,2	6,6	12,8	18,8	18,4	16,7	15,8
1840	3,8	3,7	2,7	10,9	13,9	17,1	16,6	17,9	14,4
1843	3,2	2,2	6,2	9,6	12,9	15,1	17,2	18,5	15,8
1844	1,4	1,3	5,0	11,4	12,5	16,6	16,6	15,0	14,6
1852	5,2	4,5	4,5	7,7	13,6	16,2	21,8	19,1	15,3
1857	1,8	3,4	6,0	9,5	14,7	18,5	20,4	21,1	17,5
1856	4,5	5,6	4,6	10,4	12,5	17,4	17,5	20,0	14,3
1841	1,6	1,1	9,1	10,1	17,0	15,0	15,5	17,0	17,1
1850	—2,1	6,1	4,1	11,0	12,4	17,4	17,9	16,8	13,4
1847	—0,1	1,6	4,9	6,6	15,3	15,3	19,8	18,6	12,7
1845	2,2	—2,7	—0,7	9,7	10,9	17,4	17,5	15,4	13,0
1853	5,6	0,5	1,9	8,5	13,2	17,3	18,9	17,7	14,9
1855	—0,2	—3,6	4,0	8,5	11,9	16,7	18,7	19,0	15,1
1833–52	2,0	3,8	5,5	9,0	13,5	17,2	18,2	17,8	14,8

3. Periodische Erscheinungen der Pflanzen in Belgien und im übrigen Europa.

Die ersten Untersuchungen über die Vegetation der Pflanzen sind von mir während des Jahres 1839 im Garten der Brüsseler Sternwarte vorgenommen. Schon zwei Jahre früher hatte ich die Nothwendigkeit einer solchen Untersuchung gefühlt, wie man es aus dem Annuaire de l'observatoire ersehen kann. Hier theilte ich die Resultate der Untersuchungen mit, die ein halbes Jahrhundert hindurch von dem Reisenden *C. F. Forster*, dem Mitgliede der Londoner königlichen Societät der Wissenschaften und von seinem Sohne *Th. Forster* angestellt waren. „Wir haben die Absicht," schrieb ich damals, „interessante Beobachtungen vorzunehmen, die in der Art hier zu Lande noch nicht ausgeführt wurden und die gleichwohl von grösster Wichtigkeit für die Naturkunde unserer Gegenden sind." *)

Bei diesen Bestrebungen wurde ich noch ermuthigt von der Mehrzahl meiner Collegen bei der königlichen Akademie der Wissenschaften; allein sie wurden doch nicht von einem vollständigen Erfolge gekrönt. Meine ersten Untersuchungen, die ja gewissermaassen meinen astronomischen Arbeiten fremd waren, wurden während des zweiten Jahres (1840) nur durch die Arbeiten von *Th. Forster* unterstützt, der, ebenso wie ich, in den Umgebungen von Brüssel beobachtete. **)

Mit dem Beginn des folgenden Jahres nahmen zwei neue Beobachter an meinen Arbeiten Theil; die Herren *Robyns* und *Gastone* machten ihre Beobachtungen in andern Theilen der Stadt Brüssel; Herr *Forster* dagegen stellte seine Untersuchungen ein. Zu gleicher Zeit übersandte mir mein gelehrter College bei der Akademie, Herr *Martins*, seine in Löwen gemachten Beobachtungen und die Herren *Ch. Morren*, *de Selys Longchamps* und *Vict. Deville* theilten mir ihre zu Lüttich angestellten mit. Durch die Güte des Herrn

*) Annuaire de l'Observatoire royale de Bruxelles pour 1838 page 236.
Calendrier des moyens temps de la floraison des plantes.

**) Siehe Bd. XIV der Mémoires de l'Académie royale de Bruxelles, wo alle Untersuchungen über die periodischen Erscheinungen der Pflanzen und Thiere seither gedruckt sind.

Ricks, Professors an der Universität zu Gent, erhielt ich die Beobachtungen des Herrn *Donckelaer*, Untergärtners bei dem botanischen Garten der Universität.

Ohne Mühe kann man wahrnehmen, dass die Anzeichen der hauptsächlichsten Umstände in der Entwickelnng der Pflanzen nicht überall dieselben waren. Man kann z. B. fürchten, dass die Beobachtungen in Gent und Antwerpen für die Angaben des Ausschlagens der Bäume und der Blüthezeit gegen Brüssel etwas im Rückstand gewesen seien. Diese Schwierigkeiten sind mir nicht entgangen; ich habe bereits geglaubt, auf eine gleichförmige Art der Beobachtungen bestehen zu müssen, von der der Werth unserer Vergleichungen besonders in nahe gelegenen Gegenden abhängen musste. Ich habe jedoch Grund zu glauben, wie man es auch sehen wird, dass meine Vorschriften nicht genau befolgt wurden. Der Unterschied zeigte sich besonders bei der Belaubung, deren Beginn man anmerkt, sobald das Blatt mehr oder weniger entwickelt ist, während ausdrücklich in der Instruction, die im Beginn des Jahres 1842 erschien, wie folgt gesagt wurde:

„Die Anzeige der beginnenden Belaubung geschieht wenn sich „die ersten Blätter zeigen; die der Blüthezeit, sobald die ersten „Blüthen aufgebrochen sind. Beide erfordern eine hinrei„chende Entwickelung des Organs.

„Die Epoche der Aufzeichnung der beginnenden Belaubung „kann Schwierigkeiten darbieten, indem sie verschiedene Phasen „zeigt, die zumal im Frühling erhebliche Differenzen herbeiführen können. Wir bedürfen aber einer überall passenden und „anwendbaren Epoche. Daher schlagen wir vor, den Moment zu „wählen, wenn bei beginnendem Ausschlagen der Knospen die obere „Fläche der ersten Blätter mit der Atmosphäre in Berührung kommt „und ihre Lebensfunctionen beginnt. Die Zeit der Reife kann man „ansetzen nach dem Aufspringen der Samenkapsel, für derartige „Früchte, deren Anzahl auch die grössere ist; die nicht aufsprin„genden werden eingetragen, sobald sie offenbar vollständig zur „Reife gekommen sind. Endlich ist der Moment der Entlaubung „dann anzugeben, wenn der Abfall des grössern Theiles der Blätter „beendet ist. Wohlverständlich ist dies, was sich auf die Blätter „bezieht, nur auf Laubbäume anzuwenden, mit Ausschluss auch der „immergrünen Bäume, deren Entlaubung allmälig vor sich geht.“

Während des Jahres 1842 fand dies System der Beobachtungen grössere Verbreitung in Belgien und überschritt andererntheils auch die Grenzen des Königreichs. Diese ersten Erfolge zeigten hinreichend, dass man in den verschiedenen Ländern zu einer genauern Kenntniss der Ursachen zu gelangen suchte, welche von Einfluss auf die Erscheinungen der Vegetation sind. Unglücklicher Weise zeigten sich hier dieselben Schwierigkeiten, welche die Thätigkeit des berühmten *Linné* gehemmt hatten, und zwar ungeachtet aller Vorsicht, die man anwandte, um ernstlich die Aufmerksamkeit auf die Befolgung ganz gleichförmiger Methoden bei der Beobachtung und dem Aufzeichnen hinzulenken.

Die Herren *Martius* und *Leopold von Buch* unterstützten mich bereitwilligst mit ihrem Rath und mit Ideen, auf die ihre tiefen Kenntnisse und lange Erfahrung sie führten.

Man wird einige ihrer Beobachtungen zu Anfang der Resultate des Jahres 1843 finden, die im 17. Band der Memoiren der königlichen Akademie zu Brüssel abgedruckt sind. *) Das National-Institut zu Washington nahm seinerseits Kenntniss von dem, was in Belgien über die periodischen Erscheinungen des Menschen, des Thier- und Pflanzenreichs gearbeitet war und diese gelehrte Körperschaft benutzte diese Arbeiten bei der Redaction der Schriftstücke, deren Verbreitung gerade zu dem Zwecke beabsichtigt wurde, dieses Studium zu begünstigen. **) Zu derselben Zeit und ohne dass eine Mittheilung stattgefunden hatte, verbreitete sich das Studium dieser Erscheinungen rasch in Deutschland durch die Bemühungen der Herren *Fritsch* und *Kreil*, zuerst auf der Sternwarte zu Prag, später auf dem meteorologischen Observatorium in Wien. Deutschland, Holland, England, Frankreich, Italien, Russland nahmen nach und nach Theil an allen diesen Untersuchungen; besonders aber in Deutschland haben diese Arbeiten eine bedeutende Ausdehnung genommen und scheinen interessante Resultate zu versprechen.

*) Mémoires de l'Académie royale de Bruxelles, tome XVII. Observations des phénomènes périodiques, page 26.

**) Die Herren *Spring, Schwann* und *Gluge* nahmen speciell Antheil an den Beobachtungen der periodischen Erscheinungen bei dem Menschen. Herr *Spring* veröffentlichte selbst Vorschriften über diesen Gegenstand, während Herr *de Selys Longchamps* mich bereitwilligst bei den Beobachtungen der Erscheinungen im Thierreich unterstützte.

Mehrere Societäten und gelehrte Körperschaften haben die Absicht diese Arbeiten zu unterstützen und auf schärfere Art die Punkte zu bestimmen, von denen man bislang nur eine oberflächliche Kenntniss hatte:*) Das Hauptbestreben musste dahin gerichtet sein, die persönlichen Gleichungen, deren Einfluss auf die Resultate besonders nachtheilig ist, zu vermeiden.

Zur Zeit des statistischen Congresses zu Wien im Jahre 1857 wurden Maassregeln getroffen, um sich der Gleichförmigkeit der Beobachtungen zu versichern. Gemeinschaftlich mit Herrn *Fritsch* sah ich mich in dem Specialcomité beauftragt, für die physischen Erscheinungen unter den verschiedenen aufgeklärten Völkern der Erde eine Einheit herzustellen. Dieser Gegenstand wurde einer speciellen Betrachtung unterzogen und Herr *Fritsch* war bereit ein allgemeines Programm auszuarbeiten, welches überall brauchbar wäre; dergestalt, dass die in Deutschland oder an irgend einem andern Puncte der Erde gemachten Beobachtungen direct mit einander verglichen werden könnten.

Hierin lag hauptsächlich die Schwierigkeit und es ist zu wünschen, dass in Zukunft eine Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen erzielt werden könne. Deutschland verdient in dieser Beziehung die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt; nicht allein die Wiener Beobachter haben den Anfang gemacht, sondern in andern wichtigen Städten, in Berlin, München, Breslau macht man alle Anstrengungen übereinstimmende Resultate zu erhalten. Der Wunsch, einen Ueberblick über die hauptsächlichsten Phasen der Vegetation in Belgien zu gewinnen, hat gewiss nicht gefehlt; um sich hiervon

*) Ich will hier speciell anführen: das Berliner statistische Bureau, unter Leitung des Herrn *Dieterici,* der ein meteorologisches Institut geschaffen hat, dessen Einrichtung Herr Professor *Dove* übernahm und welches seit 1851 36 in Thätigkeit befindliche Stationen zählt; dann die Breslauer Societät, welche die Arbeiten der Herren *Göppert, Cohn, Lachmann, Boguslawski* u. s. w. veröffentlicht hat; das Mecklenburger statistische Bureau; die Münchener Sternwarte, unter Leitung des Herrn *Lamont*; die botanische Gesellschaft zu Regensburg; der naturwissenschaftliche und ärztliche Verein in Dresden, unter Leitung des Herrn *Sachse*; dann „die naturwissenschaftlichen Jahreshefte," herausgegeben von Herrn Prof. *Plininger* in Stuttgart und die „hessische landw. Zeitschrift," herausgegeben in Giessen von Herrn Prof. *Hoffmann*. Jeder der oben angeführten Vereine zählt mehr als ein Dutzend wichtiger Stationen.

zu überzeugen, wird es genügen, einen Blick auf die Orte und die Beobachter zu werfen, welche Theil an dieser Arbeit nahmen. Unglücklicherweise erlaubten die Zeit und speciellere Arbeiten diesen Männern nicht immer, den Erwartungen zu entsprechen, welche man von ihrem guten Willen hegen konnte. Die königl. belgische Akademie verdient gleichfalls den Dank der Gelehrten, da sie bereitwilligst ihre Memoiren zur Veröffentlichung für Alles darbot, was zu dem Zweck ausgeführt war, einiges Licht über die Naturgeschichte unseres Landes zu verbreiten. Im Nachstehenden gebe ich die Belgischen Stationen, nebst den Namen der Beobachter.

Brüssel, königl. Sternwarte: die Herren *Galeotti, Schramm, Vincent*, Dr. *Gastone, Bommer, Robyns, Forster;*
Gent: die Herren *Ricks, Donckelaer, Cantrâme, Fredericq, Spae;*
Vinderhaute, bei Gent: Herr *Blancquart;*
Brügge: Herr *Forster;*
Ostende: die Herren *Macleod* und *Lanswert;*
Ledebecq, bei Gent: Herr *Scheidweiler;*
Vilvorde: Herr *Ch. Wesmael;*
Antwerpen: die Herren *Sommé, Rigouts, Verbert;*
Löwen: die Herren *Martens, Neve;*
Lierre: Herr *Rodriguez;*
Aershot: Herr *Husson;*
St. Trond: Herr *Van Oyen;*
Vosselaer: Herr *Blancquart;*
Lüttich: die Herren *de Selys Longchamps, Michel Ghaye, Morren, Deville, Dewalque;*
Waremme: die Herren *de Selys Longchamps, Michel Ghaye;*
Stavelot: Herr *Dewalque;*
Chenée: Herr *Bourdon;*
Val Benoit: Herr *Vanderhyden;*
Gemeppe: Herr *Borre;*
Grammont: Herr *Borre.*
Ostin: Herr *Bertrand;*
Namur: die Herren *Bach, Bellynck, Brabant;*
St. Léger: Herr *Berardi;*
Verviers: Herr *Lejeune;*
Virton: Herr *Nusson;*
La Trapperie: die Herren *Raaigo* und *Gunqueril.*

Die Beobachtungen sind also an 26 verschiedenen Orten angestellt; aber alle diese Beobachtungen sind weder nach einer hinreichend consequenten Methode, noch nach Grundsätzen ausgeführt, die so unter einander verglichen werden könnten, dass man einen gleichförmigen Gebrauch von den Resultaten machen könnte.

Wählt man nur solche Pflanzen aus, welche unter allen noch die grösste Wahrscheinlichkeit eines günstigen Resultats zu versprechen scheinen, einmal wegen ihrer grossen Zahl, dann weil die Erscheinungen der Belaubung und der Blüthe leichter bei ihnen zu beobachten sind, so erhält man die nachstehenden Hauptresultate. Dieselben sind dadurch gefunden, dass man Brüssel als Vergleichungspunct annahm.

Belaubung (1841—1857).

Beobachtungs-Orte	Philadelphus coronarius	Syringa vulgaris	Cytisus laburnum	Aesculus hippocast.	Robinia pseudoaccacia	Mittel
Ostende	+21	+19	+15	+16	+19	+18
Antwerpen	+29	+23	+16	+ 2	=	+18
Gent	+11	+14	+ 1	+10	+ 6	+ 8
Waremme	+ 9	+ 1	+16	+ 4	+20	+10
St. Trond	— 4	—15	—12	— 9	+ 4	— 7
Namur	— 6	— 7	— 9	— 2	— 1	— 5

Blüthezeit (1841—1857).

Ostende	+ 4	+10	+ 8	+ 9	+ 4	+ 7
Antwerpen	+ 1	+ 4	+ 6	+ 8	=	+ 5
Gent	+ 2	+ 8	+ 6	+10	+ 3	+ 6
Waremme	=	+ 6	+ 2	+ 5	=	+ 4
St. Trond	+ 1	0	=	+ 5	+ 2	+ 2
Namur	— 2	+ 3	+ 9	+ 4	— 5	+ 2
Stavelot	+16	+13	=	+ 6	=	+12

Man kann aus diesen verschiedenen Resultaten den Schluss ziehen, dass die Nähe der See besonders auf die Belaubung einen scharf ausgeprägten Einfluss ausübt; man sieht nämlich, dass die dem Meere zunächst gelegenen Städte Ostende und Antwerpen eine Verzögerung von 18 Tagen zeigen. Jedoch glaube ich, dass das Resultat von Antwerpen etwas übertrieben ist, indem ich vermuthe, dass die Belaubung sich dort später kenntlich machte, als

in den übrigen Orten und zwar zu einer Zeit, wo die Blätter schon eine gewisse Entwicklung zeigten. Auch in Gent, welches näher dem Meere zu liegt als Brüssel, erschien die Belaubung später. Was die Verzögerung betrifft, welche Waremme bei Lüttich zeigt, so wird man sie aus einer andern Ursache herleiten müssen und diese ist vielleicht die bedeutende Bodenerhebung. In Namur und St. Trond zeigt sich im Gegentheil die Belaubung früher als in Brüssel.

Aus Vorstehendem kann man also folgern, dass, abgesehen von den Beobachtungen zu Waremme, die Zeit der Belaubung immer früher eintritt je weiter man sich von der Meeresküste entfernt, und dass die grösste Differenz auf ungefähr 25 Tage steigt für die Zeit des Erwachens der Vegetation.

Diese Differenz war bedeutend kleiner bei der Blüthezeit. Ich werde gern zugeben, dass ich diese Erscheinung um 2 oder 3 Tage früher notirte, als es in den übrigen Städten geschah, denn ich bemerkte mir sorgfältig die ersten Blüthen. Nehme ich nun zum höchsten 3 Tage als Differenz an, so finde ich, dass Brüssel um einen Tag vor Namur und St. Trond voraus war, dass dieser Ort dagegen Antwerpen, Gent und Ostende um zwei, drei oder vier Tage überholte. Zu Waremme zeigten sich die Blüthen später als in Stavelot, was aber allein seinen Grund in der sehr hohen Lage dieses Punctes über dem Spiegel des Meeres hat.

Die Beobachtungen der Perioden der Pflanzenentwickelung, welche ausserhalb des Königreichs angestellt wurden, sind sehr zahlreich. Brüssel war eine derjenigen Städte, wo am frühzeitigsten die Anregung zu derartigen Beobachtungen gegeben wurde; die Gelehrten in den verschiedenen Ländern, die diesem Fache ihre Aufmerksamkeit zuwandten, hatten die Gefälligkeit, mir die Resultate ihrer eigenen Beobachtungen mitzutheilen. Und als man nach und nach in jedem Lande es zweckmässig fand, diese Art der Beobachtungen wieder in Angriff zu nehmen, die ungeachtet der Anstrengungen des gelehrten *Linné* so lange ohne Resultate geblieben waren, beschäftigte man sich in Belgien specieller damit, alles zusammen zu bringen, was sich auf diese Beobachtungen bezog. Belgien empfing dankbar die Resultate, welche durch die Güte fremder Gelehrten bereitwilligst übersandt wurden. Im

Folgenden theile ich die Beobachtungen mit, die mir während der beigefügten Jahre zugesandt sind:

Niederlande.

Vecht: Herr *Martini van Gessen* 1843—49, 1851, 52.

Lochem: Herr *Staring* 1843, 44, 45, 47.

Utrecht: Herr *Breitenstein* 1842, 43, 45.

Grönnigen: Herr *van Hall* 1842, 44.

Leyden: Botanischer Garten der Universität 1844.

Beetgun 1844.

Deventer: Herr *Brandt* 1843.

Joppé: Herr *Brandt* 1844.

England. Schaffham Bulbeck in Cambridgeshire: Herr *Jenyns* 1843—49.

Polperro: Herr *Couch* 1842, 44, 45, 48.

Slauchst: Herr *Blackwell* 1842.

Mackerstown: Herr *Brown*, an der Sternwarte von Sir *Dougald Brisbane* 1843.

Cambridge: Herr *Birt* 1844.

St. John's Lodge: Madame *Smith*, Gemahlin des Admirals 1856.

Frankreich. Paris: Herr *Decaisne* 1842, 47,
Herr *Dureau de la Malle* 1848.

Vallogne: Herr *Benoit* 1844—47.

Pessan: Herr *Roquemauril* 1847—50.

Dijon: Herr *Fleurot* 1844—49.

„ „ *Moreau* 1850, 51, 52, 56.

Marseille: Herr *Valz* 1842.

Strasburg: Herr *Reboullet* 1848.

Bellevue: *Robert* 1849.

St. Acheul: Herr *Bach* 1847.

Schweiz. Lausanne: Herr *de Pierri* uud *Wartmann* 1842;
Herr *Esperandieu* 1844.

Waadt: die Herren *Wartmann*, *Delpierre*, *Chavannes* 1844—46.

Italien. Venedig: Herr *Zantedeschi* 1843—47, 49—57.

Guastalla: Herr *Passerini* 1844, 46, 47.

Parma: die Herren *Colla*, *Streus*, *Rondani* 1843—46, 50.

Neapel: Herr *Costa* 1842.

Deutschland. München: Herr *Martius* 1842—53.
Wien: Herr *Fritsch* 1853.
Stettin: Herr *Hess* 1845, 47—50, 52.
Jever: Herr *Brennecke* 1843.
Aachen: Herr *Heis* 1848.
Salzburg: Herr *Zillner* 1848.
Russland. Kickineff: Herr *Doengingu* 1850.

Wir wollen versuchen, einige dieser Länder unter einander zu vergleichen in Bezug auf die Epochen der Belaubung und der Blüthe wenigstens während der Jahre 1844—1850. Wir werden uns begnügen die mittleren Werthe jedes Jahres anzugeben, verglichen mit den Beobachtungen zu Brüssel. Es sind in Venedig für die Zeit der Belaubung des philadelphus coronarius alljährlich, ausgenommen 1848, Beobachtungen angestellt; die Zeit der Belaubung wurde für jedes Jahr mit der correspondirenden Epoche für Brüssel verglichen und das Mittel aus diesen 6 beobachteten Resultaten ist in der nebenstehenden Tabelle angeführt.

Man wird bemerken, dass die Belaubung bei uns 13 Tage früher beobachtet ist. Diese Differenz beschränkt sich auf 11 Tage für die Syringa vulgaris. Für Cytisus laburnum dagegen ebenso wie für robinia accacia, die später blühen, ist Venedig, Brüssel resp. um einen Tag und vier Tage zuvorgekommen. Diese Verfrühung ist noch ausgeprägter zu bemerken bei der Blüthezeit, die in Venedig im Allgemeinen um 13 Tage früher eintritt. Fast dasselbe zeigt sich bei den Beobachtungen zu Parma, welche Stadt ebenso in Nord-Italien gelegen ist.

Eine ähnliche Beobachtung lässt sich bei Pessan machen, einem Orte im mittleren Frankreich. Nur der Eintritt der Belaubung findet hier etwas früher statt als in Italien. Paris kommt Brüssel bei der Zeit der ersten Blüthen gleichfalls etwas zuvor, etwa um 4 Tage. Es ist zu bedauern, dass uns die Data in Betreff der Belaubung fehlen. Die Resultate für einen so wichtigen Ort, noch dazu gesammelt durch die Sorgfalt eines hochverdienten Beobachters, des Herrn *Decaisne*, würden uns einen ausgezeichneten Vergleichungspunkt darbieten. Dijon und Valogne scheinen uns für die Blüthezeit insbesondere dieselben Resultate zu geben, wie Brüssel, aber man hat Grund zu fürchten, dass diese Angaben etwas zu spät angesetzt sind.

Belaubung (1844—1850).

Beobachtungs-Orte	Philadelphus coronarius	Syringa vulgaris	Cytisus laburnum	Aesculus hippocast.	Robinia pseudoaccacia	Mittel
Venedig	+13	+11	— 1		— 4	+ 5
Parma	0	+11	— 1	+ 9	0	+ 4
Pessan	+ 8	+14	—12	— 7	+ 2	+ 1
Dijon	+15	+17	+ 4	+ 4	+ 4	+ 9
Schaffham	— 2	—15	0	— 4		— 3
Lochem	+ 6	+12	+ 9	+ 7	+11	+ 9
Utrecht	+ 9	+13	+11	+19	+23	+13
München	+39	+26	+23	+19	+15	+24
Stettin	+36	+30	+26	+14	+12	+24
Brüssel	19. März	21. März	8. April	9. April	24. April	3. April
Prag	+24	+14	+13	+ 7	— 2	+11

Blüthezeit (1844—1850).

Beobachtungs-Orte	Syringa vulgaris	Aesculus hippocast.	Cytisus laburnum	Philadelphus coronarius	Robinia pseudoaccacia	Mittel
Venedig	—12		— 9	—16	—16	—13
Parma	— 6	—11	0	—21	—20	—12
Pessan	— 6	— 8	—14	—11	—10	—10
Paris	— 5	— 4	— 4	— 6	— 1	— 4
Dijon	+ 4	+ 9	+ 8	— 4	— 2	+ 3
Valogne	0	+ 4				+ 2
Schaffham	+10	+ 6	+ 8	+ 4		+ 7
Lochem	+10	+10	+ 4	+ 2	+16	+ 8
Utrecht	+14	+13	+10	+ 9	+ 5	+10
München	+12	+10	+18	0	+ 7	+ 9
Stettin	+14	+ 6	+14	+ 9	+ 7	+10
Brüssel	29. April	3. Mai	5. Mai	25. Mai	31. Mai	13. Mai
Prag	— 1	— 5	— 5	—11	—10	— 6

Schaffham Bulbeck in England hat ein Seeklima, welches diesem Orte beim Beginn der Vegetation einen Vorsprung vor Brüssel verschafft hat, der sich aber später verliert.

In Lochem und Utrecht, die unter nahe derselben Breite gelegen sind, zeigen sich die Erscheinungen der Belaubung und Blüthe in einer etwas späteren Jahreszeit.

München, weit südlicher gelegen als Brüssel, erleidet bei Eintritt der Belaubung vergleichsweise eine beträchtliche Verzögerung. Diese Verzögerung zeigt sich sogar noch bei dem Beginn der Blüthezeit, jedoch in geringerm Maasse. Der Grund dieser Erscheinungen wird in der hohen Lage dieses Orts über dem Meeresniveau zu suchen sein. Stettin erleidet eine ähnliche Verzögerung, die aber von der weit nördlicheren Lage dieses Ortes herrührt. Diese bringt hier also nahe dieselben Wirkungen hervor, wie die Bodenerhebung in München. Beide Ursachen bewirken ein Sinken der Temperatur und folglich eine Verzögerung der Vegetation. Ich habe geglaubt, mit diesen Resultaten die Werthe vereinigen zu müssen, die von Herrn *Fritsch* für Prag zusammengestellt sind, wo er bis 1850 seine Beobachtungen mit Eifer und Umsicht ausführte. Seitdem hat er dieselben Studien in Wien fortgesetzt. Ungeachtet unserer nördlicheren Lage haben wir doch einen Vorsprung von 24 Tagen bei der Belaubung des Philadelphus coronarius; aber nach dieser Zeit (19. März) nimmt der Vorsprung allmählig ab bis Ende April, wo wir nach und nach immer mehr in Rückstand kommen, der zuletzt gegen Ende Mai 10 bis 11 Tage beträgt.

Die Untersuchungen über die Belaubung und die Blüthenentwickelung der Pflanzen setzen also gewisse Thatsachen ausser Zweifel, deren Vorhandensein mit der grössten Schärfe nachgewiesen werden muss. Sie zeigen uns besser, wie die Angaben der Thermometer die Wirkungen, welche die Temperatur in der Entwickelung der Pflanzenwelt, wie in der des Menschen hervorbringen kann. Wir sehen keine andere Möglichkeit, diese Wirkungen zu schätzen als durch die Anwendung einer gleichförmigen Beobachtungsmethode, die strenge von allen Nationen befolgt werden muss, denen es um den Fortschritt der Wissenschaft zu thun ist.

Auf dem statistischen Congress, der im vorigen Jahre in Wien abgehalten wurde, ist eine derartige Methode adoptirt worden; hoffen wir, dass sie befolgt werde. Ohne dieselbe wird es unmöglich sein, die so wunderbaren und veränderlichen Gesetze der Entwickelung der Pflanzen abzuleiten und für jedes Land diejenigen derselben aufzustellen, die ihm nach seiner Formation und seiner Lage auf der Oberfläche der Erde zukommen.

Das magnetische System der Erde

von

Ch. Hansteen,
Director der Sternwarte in Christiania.

In jeder Partikel des Eisens sind zwei magnetische entgegengesetzte Kräfte, welche sich gegenseitig anziehen und neutralisiren. Kann man sie aber von einander trennen, so dass die eine nach der einen Hälfte der Partikel, die andere nach der entgegensetzten geschoben wird, so wird die Partikel polarisch genannt, und dann wirken ihre Pole anziehend auf jede Eisenpartikel, mit der sie in Berührung kommt. Um sie von einander zu unterscheiden, will ich die eine die positive, die andere die negative Kraft nennen. Durch verschiedene Mittel kann man alle Partikeln in einem Eisen- oder Stahlstabe polarisiren, und dann richten sich alle positiven Pole der Partikeln gegen das eine, die negativen gegen das andere Ende des Stabes, weil nämlich der positive Pol der einen Partikel den negativen Pol der folgenden anzieht und den positiven abstösst. Der Stab ist dann polarisch geworden und ziehet an jeder Endfläche ein Stück weichen Eisens an, indem z. B. die positiven Pole in der Endfläche des Stabes die Partikeln in der Oberfläche des Eisenstückes, welche sie berühren, polarisiren; diese aber polarisiren wieder die Partikeln in der nächstfolgenden Schichte des Eisenstückes u. s. w. Hierbei tritt aber ein Unterschied ein zwischen dem polarisirten Eisen- und dem gehärteten Stahlstabe. Sobald die äussere Einwirkung, welche den Eisenstab polarisirt hat, aufhört, fällt das angezogene Eisenstück ab und der Stab ist wieder unpolarisch (neutral), wie zuvor, der gehärtete Stahlstab behält aber seine anziehende Kraft. Zwar verliert der gehärtete Stahlstab nach und nach etwas von seiner Kraft; dieser Verlust wird aber immer kleiner, und der Magnetismus des Stabes nähert sich mehr und mehr einer gewissen

Gränze. Die Partikeln des gehärteten Stahls müssen folglich eine Coercitivkraft besitzen, welche die entgegengesetzten Kräfte verhindert, sich wieder zu vereinigen. Hierbei ist aber doch zu bemerken, dass der Stab nicht höheren Temperaturen ausgesetzt werden darf; denn bei Erhitzung verliert der Stahl mehr oder weniger von seiner Härtung und Coercitivkraft und durch Glühen wird er weich und wieder unpolarisch.

Hängt man einen magnetischen Stahlstab in seinem Schwerpunkte in einer horizontalen Lage an einem Faden auf, so wird er nach etlichen Schwingungen in einer gewissen Richtung zur Ruhe kommen, zu welcher er immer zurückkehren wird, so oft man ihn in eine andere Lage bringt. Der eine Pol wird ungefähr gegen Norden, der entgegengesetzte gegen Süden zeigen. Den ersten Pol nennt man daher den Nordpol, den zweiten den Südpol des Stabes. Des Folgenden wegen wollen wir die Kraft, welche in dem Nordpole vorhanden ist, die positive, die entgegengesetzte die negative nennen. Nähert man den Nordpol eines zweiten Magnetstabes dem Nordpole des freischwebenden, so wird dieser abgestossen, der Südpol wird aber angezogen; ein Beweis, dass die entgegengesetzten Kräfte sich anziehen, die gleichartigen aber sich abstossen. Hierauf beruhet die Einrichtung des Schiffer-Compasses, wo die magnetisirte Stahlnadel, auf einem Agathütchen in der Mitte ruhend, auf einer feinen Stahlspitze sich frei drehen kann.

Fragt man, warum zeigt die frei bewegliche magnetisirte Stahlnadel nach Nord und Süd, so giebt die folgende Betrachtung Anleitung zur Lösung des Räthsels. Da die ungleichnamigen Pole zweier Magnete sich anziehen, so muss die Erdkugel selbst polarisch sein und einen negativen Magnetpol irgendwo in der nördlichen, einen positiven Pol in der südlichen Halbkugel haben. Wären diese Magnetpole dieselbigen, wie die geographischen Erdpole, so würde die Magnetnadel überall genau nach Nord und Süd zeigen: Dies ist aber nicht der Fall. In ganz Europa zeigt der Nordpol der Nadel mehrere Grade westlich vom wahren Nordpunkte, in dem westlichen Theile von Nordamerika östlich. In London war im Jahre 1814 die westliche Abweichung der Magnetnadel = 24°20′; weiter gegen Nordwest nahm diese westliche Abweichung stark zu; auf der Westküste von Grönland in 65°

Breite war sie z. B. = 60°, in James Lancasters Sund = 120° und noch weiter gegen West = 180°, d. h. der Nordpol der Nadel zeigte gegen Süd. In dem 60. Breitengrade war sie geringer und nahm ab gegen die Westküste der Hudsons Bay, wo die Nadel gerade gegen Nord zeigte; weiter gegen West in Nordamerika fing eine zunehmende östliche Abweichung an. Alle diese Richtungen der Magnetnadel convergiren gegen einen Punkt, welcher etwa 20° vom Nordpole liegt, und im Jahre 1838 in einem Meridiane 280°19′ östl. v. Greenwich sich befand. Diesen Punkt musste man folglich als den nördlichen Magnetpol der Erde annehmen.

Am Vorgebirge der guten Hoffnung ist die westliche Abweichung = 29°, folglich zeigt der Südpol der Nadel eben so viel Grade gegen Ost. Weiter gegen Ost im südlichen indischen Meere wird diese Abweichung geringer und verschwindet in einem Meridiane, der durch die Mitte von Neuholland geht. Die Richtungen der Magnetnadel convergiren hier gegen einen Punkt, welcher 21° vom Südpole der Erde liegt, und im Jahre 1845 in einem Meridiane 131°28′ östlich von Greenwich, welchen man folglich als den magnetischen Südpol der Erde betrachten könnte. Wir wollen den nördlichen Convergenzpunkt mit *B*, den südlichen mit *A* bezeichnen; ihr Abstand von den Erdpolen ist beinahe gleich, aber der Längenunterschied ist bloss 148°51′. Sie sind folglich nicht vollkommen diametral entgegengesetzt. Wir können aber doch kein Bedenken haben, sie als die zusammengehörigen Pole einer magnetischen Polarrichtung des Erdkörpers zu betrachten. Der Mittelpunkt der Chorde (Sehne), welche diese zwei Convergenzpunkte verbindet, liegt etwas näher an der Oberfläche des stillen als des atlantischen Oceans.

Wären die zwei magnetischen Pole der Erde einander diametral entgegengesetzt, so könnte man einen grössten Kreis durch beide Erdpole und zugleich durch beide Magnetpole legen; dieser Kreis wäre dann sowohl ein geographischer als ein magnetischer Meridian. Ueberall in diesem Meridiane würde die Magnetnadel keine Abweichung haben. Wir wollen diesen den ersten magnetischen Meridian nennen; er theilt die Erde in eine östliche und eine westliche Halbkugel; in der östlichen wäre die Abweichung westlich, in der westlichen überall östlich. In einem auf diesem ersten Meridiane senkrechten Meridiane müsste die

Abweichung ein Maximum haben; in der Nähe der Magnetpole = 90°, in der Nähe des Aequators = 20°.

So einfach ist aber das Abweichungssystem nicht. Folgender Auszug aus den von mir auf der Reise nach Sibirien in den Jahren 1828—1830 gemachten Beobachtungen zeigt die Ausdehnung des westlichen und des darauf folgenden östlichen Systems in dem östlichen Theile von Sibirien; + bezeichnet westliche, — östliche Abweichung.

Beobachtungspunkt	Breite	Länge v. Ferro	Abweichung
Christiania	59°55′	28°23′	+19°50′
Stockholm	59 20	35 43	+14 57
Åbo	60 27	39 57	+10 41
Petersburg	59 27	47 57	+ 6 41
Moscwa	55 45	55 17	+ 3 3
Nischni Nowgorod	56 20	62 8	— 0 36
Kazan	55 47	66 46	— 2 22
Perm	58 1	74 6	— 6 4
Ekatharinenburg	56 49	78 18	— 6 27
Tobolsk	58 12	85 46	— 9 57
Tomsk	56 30	102 50	— 8 32
Krasnojarsk	56 5	110 38	— 6 6
Kansk	55 50	113 39	— 5 46
Nischni Udinsk	54 55	116 42	— 4 38
Irkutsk	52 17	121 51	— 1 37

Man siehet hieraus, dass das westliche System sich von der Westküste Amerikas bis gegen Nischni Nowgorod ausdehnt; von dem 60. Längengrade bis zum Meridiane 128° östlich von Ferro kommt ein östliches System, wo die Abweichung zwischen den Parallelen 52° uud 58° ein Maximum bei Tobolsk von —9°57′ hat und weiter ostwärts abnimmt. Von der Stadt Jeniseisk (Breite 58°27′, Länge 109°51′), wo die Abweichung = —6°57′ war, fand ich sie auf dem Flusse Jenisei steigend gegen den Polarkreis zu, da sie in Turuchansk (Breite 65°45′, Länge 105°13′) bis zu —15° stieg.

Von dem 128. Längengrade fängt wieder ein kleineres westliches System an, welches sich bis zur Ostküste Asiens ausdehnt. Von da aus über das stille Meer hin und den nördlichen Theil

von Amerika bis zur Westküste der Hudsonsbay hat man das grosse östliche System.

Um dieses in Kürze übersehen zu können, wollen wir den 60. Parallel nördlicher Breite von der Westküste der Hudsonsbay gegen Ost durchlaufen. Da haben wir erst keine Abweichung im Meridian 77° westl. v. Ferro; dann folgt ein grosses westliches System, welches ein Maximum von 50° hat im Meridiane 35° westl. von Ferro, und endlich verschwindet im Meridiane 59° östlich, wo keine Abweichung ist. Hier fängt ein östliches System an, welches ein Maximum von 11½° hat im Meridiane 92° ost, und verschwindet im Meridiane 130° ost, wo keine Abweichung ist. Dann folgt ein kleines westliches System, welches ein Maximum von 5° Grad hat im Meridiane 147° ost und verschwindet im Meridiane 167° ost, wo keine Abweichung ist. Endlich kommt das grosse östliche System über den nördlichen Theil des stilen Oceans und Nordamerikas, welches ein Maximum von 34° hat im Meridiane 110° weslich (250° östlich) von Ferro, und welches an der Westküste der Hudsonsbay verschwindet. Wir haben folglich zwei westliche Systeme, ein grösseres und ein kleineres, und zwei östliche, ebenfalls ein grösseres und ein kleineres, und in vier verschiedenen Meridianen keine Abweichung. Dieses wird anschaulicher gemacht durch Betrachtung der Abweichungs-Karte für 1828—1830. (Tab. II.)

Diese doppelten Systeme können nicht aus den zwei obengenannten Polen *B* und *A* erklärt werden. Es muss nothwendig eine zweite nördliche (negative) Polarregion im nördlichen Sibirien angenommen werden. Die Richtung der Magnetnadel in Turuchansk verbunden mit ihrer Richtung in Jakutsk (Beobachtung von Lieut. *Due,* Breite 62°2′, Länge 147°24′, Abweichung +5°55′) geben einen Convergenzpunkt in einem Abstande vom Nordpole der Erde = 8°38′, und in der Länge = 117°53′ östlich von Ferro. Durch Verbindung acht verschiedener Paare von Beobachtungen an 16 verschiedenen Punkten fand ich im Mittel: Abstand vom Pole = 7°57′, Länge 114°33′.

Gehen wir zu der südlichen Halbkugel, so finden wir eine westliche Abweichung im südlichen indischen Meere, welche verschwindet im Meridiane 150° östlich von Ferro; darauf folgt weiter gegen Osten eine östliche Abweichung, welche in dem

Parallelkreise von 50° südlicher Breite ein Maximum von 20° erreicht; weiter gegen Osten kommt ein Minimum von 9° östlicher Abweichung im Meridiane 255°; sie nimmt wieder zu in dem südlichsten Theile von Amerika, wo sie in demselbigen Parallele wieder ein Maximum von 23° östlich erreicht; sie verschwindet endlich ungefähr im Meridiane von Ferro. In dieser Halbkugel haben wir folglich bloss ein System westlicher und ein System östlicher Abweichung, und anstatt des kleinen westlichen Systems in der nördlichen Halbkugel in Sibirien, nur ein Minimum der östlichen im stillen Meere, und zwei Maxima der östlichen Abweichung (man betrachte die obengenannte Karte). Dieses deutet eine zweite schwächere Polarregion in der südlichen Halbkugel an. In der That convergirten die Richtungen der Magnetnadel auf der Expedition des „Erebus“ und „Terror“ im März 1842 in der südlichen Breite 58 bis 59° und zwischen den Meridianen 268 und 282° östlich von Greenwich nach einem Punkte, dessen Abstand vom Südpol der Erde = 13°53′ und Länge = 216°26′ östlich von Greenwich 234°6′ östlich von Ferro war.

Bezeichnen wir den sibirischen Convergenzpunkt mit b, den obengenannten mit a, so war der Polarabstand von b = 7°57′, Länge 114°33′ Ferro; der Polarabstand von a = 13°53′, Länge 234°6′. Ihr Längenunterschied ist folglich bloss = 119°33′. Wir müssen aber diese zwei Punkte als Endpunkte einer zweiten schwächeren Polarrichtung betrachten, der Mittelpunkt ebenso wie der der stärkeren näher an der Oberfläche des stillen, als an der des atlantischen Oceans liegt.

Die Abweichung der Magnetnadel verändert sich aber über die ganze Erde von Jahr zu Jahr. So war sie in Paris 1541 = 7° östlich, nahm zu bis 1580, da sie ein östliches Maximum von 11°30′ erreicht hatte; nahm wieder ab und verschwand im Jahre 1660. Die Nadel drehete sich in den folgenden Jahren immer mehr nach Westen und erreichte endlich im Jahre 1807 ein Maximum von westlicher Abweichung = 22°34′. Seit dieser Epoche hat sie angefangen sich dem Meridiane zu nähern. So hat sie in 227 Jahren einen Winkel von 36°5′ durchwandert. In London war die Abweichung im Jahre 1580 = 11°15′ östlich, verschwand im Jahre 1657 und erreichte ein westliches

Maximum im Jahre 1814 = 24°21'; die Richtung der Nadel hat folglich dort in 234 Jahren eine Veränderung von 35°36' erlitten.

Da die Abweichung der Nadel über din ganze Erde von Jahr zu Jahr sich verändert, so muss folglich die Lage der Convergenzpunkte, welche durch die Richtungen der Nadel in ihrer Nähe bestimmt wird, auch veränderlich sein. Ich habe diese Lage für alle vier Punkte aus Beobachtungen in ihrer Nähe in verschiedenen Jahren berechnet. Die folgenden Tafeln zeigen diese Lage, indem α den Abstand des Punktes vom nächsten Erdpole, λ seine Länge östlich vom Greenwicher Meridiane bezeichnen.

Convergenzpunkt *B*.

Jahr	α	λ
1725		251° 7'
1730	19° 13'	251 54
1771	19 39	259 27
1838	25 22	280 19
1844	17 11	277 46
1852	18 35	275 20

Convergenzpunkt *b*.

Jahr	α	λ
1608	10° 19'	19° 30'
1770	4 36	101 29
1805	4 38	116 9
1829	7 57	114 33

Convergenzpunkt *A*.

Jahr	α	λ
1642	18° 55'	146° 29'
1773	20 14	136 53
1841	21 34	134 32
1845	21 9	131 28

Convergenzpunkt *a*.

Jahr	α	λ
1586		287° 0'
1670	15° 53'	265 26
1774	12 43	237 14
1842	13 53	216 26

Die beiden nördlichen Punkte bewegen sich folglich von Westen nach Osten und scheinen in den letzten Jahren eine rückwärtsgehende Bewegung angenommen zu haben. Die beiden südlichen haben eine entgegengesetzte Bewegung von Osten nach Westen.

Es ist klar, dass der Convergenzpunkt nicht derselbe ist wie der eigentliche Kraftpunkt der gleichbenannten Magnetregion, denn der zweite Pol in derselbigen Halbkugel hat zugleich Einfluss auf die Richtung der Magnetnadel in der Nähe jedes Magnetpols, und folglich sowohl auf α als λ, und diese Einwirkung muss stärker sein auf ihre Lage bei b und a, wegen der grösseren Intensität der Pole B und A. Der Abstand der Magnetpole vom Erdpole muss nothwendig grösser sein als die berechneten Werthe von α, und die Länge grösser oder kleiner als λ nach dem relativen Längenunterschiede der wahren Magnetpole. Indess muss man doch annehmen, dass die Richtung der Bewegung bei allen unzweifelhaft ist. Da die Beobachtungen, auf welchen die Bestimmung von α und λ in den verschiedenen Jahren beruhet, nicht auf denselben Punkten gemacht sind, so kann dieses auch kleine scheinbare Unregelmässigkeiten in den gefundenen Werthen hervorgebracht haben, theils wegen ihrer verschiedenen Lage gegen die Magnetpole, theils wegen Localwirkungen.

Diese Bewegungen der Magnetpole erklären vollkommen die Veränderungen des magnetischen Systems der Erde. Man kann auf folgende Weise eine anschauliche Uebersicht über das Abweichungssystem erhalten. Auf eine Karte schreibt man die Grösse der auf den gehörigen Punkten beobachteten Abweichungen und verbindet alle Punkte, wo die Abweichung dieselbe Grösse hat, durch krumme Linien. Diese Curven hat man nach meinem Vorschlage isogonische Linien genannt.*) Im Jahre 1600

*) Diese graphische Vorstellung des Abweichungssystems ist zuerst ausgeführt von einem gewissen Pater *Chr. Burrus;* denn Pater *Kircher* führt in seinem Werke: „de Magnete“ in der Nautica magnetica an, dass *B.* „auf seiner ersten Reise nach Indien mit „besonderem Fleisse auf verschiedenen Stellen und unter verschie„denen Meridianen die Abweichung beobachtete, und eine bedeu„tende Menge Beobachtungen gesammelt hatte, theils seine eigenen, „theils Anderer, welche dieselbe Route gemacht hatten. Die Grösse „dieser beobachteten Abweichungen hatte er fleissig auf einer

ging eine isogonische Linie für die Abweichung = 0° von der Küste Südamerikas ungefähr 60° westlich von Greenwich gegen Nordost in der Nähe der Insel Flores, etwas östlicher als die Ostküste Islands, durschnitt die Küste von Norwegen in dem 69. Breitengrade, drehete sich darauf gegen Osten durch Lappland, ging gegen Süden durch Finnland und den finnischen Meerbusen, durch das östliche Europa und das Mittelmeer, durchschnitt die Nordküste von Afrika in der Länge 14° östlich von Greenwich und ging mit einer Biegung gegen Westen durch den westlichen Theil von Afrika nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung.*) Diese gegen Norden geschlossene Curve schliesst den grössten Theil von Europa ein und zum Theil das nördliche, sowie das ganze südliche atlantische Meer, wo die Abweichung damals östlich war.

Zu dieser Zeit lag der Convergenzpunkt *b* im Meridiane 13°31′ östlich von Greenwich und der Convergenzpunkt *B* im Meridiane 217°47′; folglich muss der letzte die östliche Abweichung an den Küsten Norwegens sowohl, als die westliche bei Novaia Zembla vermindert und den Convergenzpunkt in eine westlichere Lage gezogen haben, als der wahre Pol *b*. Die Länge dieser Pole können wir muthmasslich annehmen im Meridiane 20° östlich von Greenwich, ungefähr im Meridiane von Abo. In dieser Lage hat er die östliche Abweichung im grössten Theile ven Europa und im östlichen Theile des nördlichen atlantischen Meeres, und die wesliche Abweichung im weissen Meere und in dem westlichen Sibirien hervorgebracht. Der Südpol *a* lag ungefähr im Meridiane 284° östlich von Greenwich, folglich etwas westlicher als Terra del Fuego und bewirkte die östliche Abweichung im südlichen

„geographischen, zu diesem Zwecke construirten Karte geschrieben „und durch alle gleichnamigen Grade Linien gezogen, welche er „„tractus chalybocliticos““ nannte. Durch Hülfe dieser auf der Karte „gezogenen Linien, sagte er, könnte man, wenn die Abweichung „beobachtet war, unstreitig die geographische Länge des Schiffes „finden. Für diese Erfindung hatte er vom Könige von Spanien „eine Belohnung von 50,000 Ducaten verlangt.“ Später hat der berühmte Dr. *Halley* eine solche Karte für das Jahr 1700 herausgegeben und man hat deswegen oft diese Linien nach ihm die *Halley*'schen Abweichungslinien genannt.

*) Siehe die Abweichungskarte für das Jahr 1600. (Tab. I.)

atlantischen Meere. Nach und nach bewegte sich der Pol *b* gegen Osten, schob das wesliche System im Eismeere und im nördlichen Sibirien vor sich hin gegen Südost, und das östliche System in Europa folgte nach, dehnte sich aus nach Norden, Süden, Osten und Westen und umschloss das westliche System, welches jetzt auf der neuesten Karte (Tab. II) zu sehen ist zwischen dem See Baikal und der Insel Sachalin an der Westküste Asiens.

Im Jahre 1600 war, wegen der Lage des Südpols *A* im Meridiane 148° östlich von Greenwich und des Südpols *a* im Meridiane 284°, die Abweichung bei dem Vorgebirge der guten Hoffnung = 0°, und westlich im südlichen indischen, östlich im südlichen atlantischen Meere, und noch im stillen Ocean etwas westlich vom Feuerland. Indem der Pol *a* sich gegen Westen bewegte, folgte das östliche System im südlichen atlantischen Meere nach; der südöstliche Zweig der Isogone 0° (Karte für 1600 Tab. I) vereinigte sich mit dem südwestlichen Zweige ungefähr im Parallele 30° nördlicher Breite, so dass der nördliche Theil des östlichen Systems im ersten Viertel des 17. Jahrhunderts von einer in sich selbst zurücklaufenden Isogone für 0° begrenzt war, deren westlicher Umkreis im Jahre 1660 durch Paris, und im Jahre 1657 durch London ging. Indem der Südpol *a* sich gegen Westen bewegte, folgte das westliche System im südlichen indischen Meere nach und nahm den Platz des östlichen Systems im südlichen atlantischen Meere ein, indem das ganze System sich gegen Südwesten bewegte. Um den Meridian 230° östlich von Greenwich in der Nähe des Aequators waren im Jahre 1600 Spuren eines kleinen abgeschlossenen Systems westlicher Abweichung; denn *William Cornelissen Schouten* aus Horn fand am Ostertage den 3. April 1616 unter 15°12′ südlicher Breite ungefähr in diesem Meridiane die Abweichung = 0°. Der Pol *A* würde allein eine starke östliche, der Pol *a* allein eine westliche Abweichung hervorgebracht haben. Dieses kleine westliche System, umgeben von einer in sich selbst zurücklaufenden Isogone für 0°, ist durch die westliche Bewegung des Pols *a* später in ein Minimum östlicher Abweichung übergegangen, in welcher die Form der Isogonen genau dieselbe ist, wie in dem jetzigen westlichen System des schwächeren Nordpols *b* in der Umgegend von Jakutsk in Sibirien. Im Jahre 1710 war dieses östliche Minimum

im Meridiane 233° östlich von Greenwich = 1°; im Jahre 1770 im Meridiane 240° = 2°; im Jahre 1820 im Meridiane 234° = 4°.

Da die gewöhnliche Compassnadel zufolge ihrer mechanischen Construction sich nur in einer horizontalen Ebene bewegen kann, entsteht die Frage: welche Richtung würde die magnetische Kraft der Erde auf jedem Punkte der Erdoberfläche einer in allen Richtungen vollkommen beweglichen Magnetnadel ertheilen? Hierzu hat man ein anderes Instrument erdacht, nämlich eine Stahlnadel, welche in ihrem Schwerpunkte eine auf der Nadel senkrechte Achse mit feinen polirten Zapfen hat; diese ruhen auf horizontalen polirten Agatlagern und die Nadel ist umgeben von einem eingetheilten verticalen Kreise. Es ist klar, dass wenn die Erde bloss eine Magnetachse hätte, diese Nadel über dem Magnetpol in der nördlichen Halbkugel mit dem Nordpol der Nadel, über dem Magnetpol in der südlichen Halbkugel mit dem Südpol der Nadel nach unten vertical, und in einem grössten Kreise der Erde 90° von beiden Magnetpolen horizontal stehen würde. Diesen Kreis könnte man den magnetischen Aequator der Erde nennen. Da die Erde aber zwei magnetische Achsen und vier Magnetpole hat, so ist das Verhältniss nicht so einfach. Die Punkte, wo die Neigungsnadel in jeder Hemisphäre senkrecht stehet, muss zwischen beiden Polen liegen, und zwar näher an den stärkeren Polen *B* und *A*, als an den schwächereren *b* und *a*. Sie fallen nahe zusammen mit den Convergenzpunkten *B* und *A*.

Man kann das magnetische Neigungssystem der Erde auf dieselbe Weise, wie das Abweichungssystem anschaulich machen, indem man die beobachteten Neigungen auf einer Karte aufzeichnet und durch die gleichnamigen Grade krumme Linien ziehet. Hätte die Erde bloss eine Magnetachse, welche durch den Mittelpunkt der Erde ginge, so müssten alle die sogenannten Isoklinen parallele Kreise sein. Da sie aber vier Magnetpole hat, so muss jede Isokline zwei Biegungen haben; bei dem Meridiane des stärkeren Pols muss sie sich vom geographischen Pole am meisten entfernen, zwischen beiden Magnetpolen sich dem Erdpole nähern und bei dem Meridian des schwächeren Pols sich wieder etwas vom Erdpole entfernen. Dasselbe ist der Fall mit dem magneti-

schen Aequator. An der Westküste von Südamerika liegt er ungefähr in 8° südlicher Breite, zeigt zwischen beiden Küsten bis zu 14° südlicher Breite, schneidet den Aequator der Erde nahe bei der Westküste von Afrika, steigt beinahe eben so hoch über den Aequator zwischen Cap Guardafui und der Westküste von Indien, nähert sich dem Aequator bis 7° nördlicher Breite bei Borneo, steigt ein wenig bis 8° nördlicher Breite im Meridian 160° östlich von Ferro, schneidet den Aequator im Meridiane 193° östlich von Ferro und geht von da beinahe parallel mit dem Aequator in 2° südlicher Breite, bis er endlich vom Meridiane 280° anfängt gegen Süden zu steigen bis zum Meridiane 330° in der Mitte von Südamerika.*)

Die Neigung ist ebenso veränderlich, wie die Abweichung. Als Beispiel werde ich folgende Beobachtungen in London und Paris anführen.

London.

Beobachter	Jahr	Neigung	
Rob. Norman	1576	71°50′	
Gilbert	1600	73 0	
Ridley	1613	72 30	
Bond	1676	73 30	
Whiston	1720	73 45	74°27′
		75 10	
Graham	1723	74 42	
Cavendish	1775	72 31	
Sabine	1821	70 2,9	
Segelcke	1830	69 37,5	
Lloyd	1836	69 22,5	
Fox	1838	69 18,9	
Airy	1857	68 29,6	

Die älteren Beobachtungen von *Norman* bis *Whiston* sind wahrscheinlich etwas zweifelhaft; eine Berechnung der folgenden neue-

*) Die Lage dieses magnetischen Aequators für 1827, so weit sie aus Beobachtungen bekannt ist, ist auf der nenesten Abweichungskarte (Tab. II) angegeben. Der punktirte Theil zwischen der Westküste von Afrika und Borneo ist bloss Conjectur. Seine Lage für das Jahr 1780 ist aus älteren Beobachtungen abgeleitet und mit Punkten angegeben.

ren zeigt ein Maximum = 74°58′ im Jahre 1700, und ein Minimum = 68°3′ im Jahre 1891, folglich in 191 Jahren eine Abnahme von beinahe 7 Graden. Die älteren Beobachtungen bekräftigen allenfalls das Maximum.

Paris.

Beobachter	Jahr	Neigung
Richer	1671,5	75° 0′
La Caille	1774,7	72 15
Le Monnier	1776,5	72 25
Humboldt und *Borda*	1798,5	69 51
Gay-Lussac	1806,5	69 12
Humboldt und *Borda*	1810,7	68 50,3
Arago	1812,7	42,0
	1813,7	36,6
Arago und *Freycinet*	1817,1	38,4
Arago	1813,5	30,7
	1819,2	21,1
Arago und *Duperrey*	1822,3	19,3
Arago	1822,5	11,2
	1823,8	8,6
	1825,6	0,2
Humboldt und *Mathieu*	1826,7	67 56,5
Blosseville	1827,4	52,0
Arago und *Reich*	1829,5	41,4
Arago	1831,4	43,1
Arago und *Rudberg*	1831,9	40,4
Rudberg	1832,1	40,8
Duperrey	1834,7	26,0
Annales du Bureau	1835,5	24,0
Lottin	1836,5	26,0
d'Abbadie	1836,6	22,0
Fox	1838,5	13,5
d'Abbadie	1839,5	13,0
Annales du Bureau des Longitudes	1841,0	9,0
	1849,0	66 45,0
	1849,9	44,0
	1850,9	37,0
	1851,9	35,0

Beobachter	Jahr	Neigung
Mauvais und *Laugier*	1853,8	66°38′ 0
De la Roche Poncié	1856,9	19,5

Auch diese Beobachtungen lassen sich durch eine Formel darstellen, welche, wenn man die zwei ersten ausnimmt, sich an alle folgenden sehr nahe anschliesst mit Differenzen von wenigen Minuten. Diese Formel giebt ein Maximum = 75°13′ im Jahre 1690, ein Minimum = 65°35′ im Jahre 1892; folglich eine Abnahme von 9°38′ in 202 Jahren, welches ganz leidlich mit dem Resultate in London übereinstimmt.

Auf mehreren andern Punkten in Europa, z. B. in Christiania, Stockholm, Kopenhagen, Göttingen, Berlin, Brüssel, Genf, wo man keine zuverlässige Beobachtungen vom vorigen Jahrhunderte hat, findet man eine Abnahme der Neigung, welche sich nach und nach vermindert und ein Minimum andeutet gegen das Ende des jetzigen Jahrhunderts, wie in London und Paris, doch etwas früher auf den östlichern als auf den westlicheren Punkten. Im östlichen Sibirien nimmt die Neigung zu, aber in der Nähe der Behringsstrasse, an der Ostküste von Asien und an der Westküste von Amerika ist sie beinahe unveränderlich. In Newyork war sie von 1822 bis 1846 etwas abnehmend, scheint aber in den letzten Jahren etwas zugenommen zu haben. Diese Veränderungen lassen sich aus der östlichen Bewegung der zwei nördlichen Magnetpole erklären. Im 17. Jahrhundert lag der schwächere Pol *b* viel näher an Europa als jetzt, und vergrösserte die Neigung. Bei seiner östlichen Bewegung musste die Neigung abnehmen, aber die Abnahme musste durch die langsame Annäherung des stärkeren amerikanischen Nordpols *B* nach und nach geringer werden. Im östlichen Sibirien muss die Neigung zunehmen, wegen der Annäherung des Pols *b*. An der Nordostküste von Asien und der Nordwestküste von Amerika sollte die Annäherung des Pols *b* eine Vergrösserung, aber die langsame Entfernung des Pols *B* eine Abnahme verursachen, weswegen die jährliche Veränderung der Neigung in diesen Gegenden sehr geringe ist. Weiter ostwärts in Nordamerika nimmt die Neigung ab wegen der Entfernug des Pols *B*.

In der südlichen Halbkugel nimmt die nördliche Neigung ab auf der Insel Ascension und die südliche zu auf St. Helena, noch etwas stärker auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung; an der Südwestküste von Neuholland nimmt sie sehr wenig zu, auf Otaheiti noch weniger. Aber an beiden Küsten von Südamerika nimmt die südliche Neigung stark ab. Die Zunahme der südlichen Neigung auf St. Helena und am Cap folgt aus der Annäherung des stärkeren Südpols *A*. Die westliche Bewegung dieses Pols würde eine Abnahme verursachen in Hobartown und Paramatta auf Neuholland, aber die Annäherung des Südpols *a* verursacht eine kleine Vergrösserung, welche noch geringer ist auf Otaheiti. Die Entfernung dieses Pols von Südamerika bringt die starke Abnahme hervor.

Diese langsamen Veränderungen der Abweichung und Neigung kann man passend Seculär-Aenderungen nennen. Die Richtung der magnetischen Kraft hat aber andere Bewegungen, welche nach einem kürzeren Zeitraume in derselben Ordnung zurückkehren, und welche man deswegen periodische Aenderungen nennen kann. In der nördlichen Halbkugel drehet sich die horizontale Magnetnadel von 9 Uhr Vormittags bis zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags etliche Minuten nach Westen, kehret dann zurück nach der vorigen Lage gegen Sonnenuntergang und macht nach Mitternacht wieder eine viel kleinere Schwingung. Diese täglichen Wanderungen sind grösser in höheren nördlichen und südlichen Breiten als in der Nähe des Aequators. Sie sind am grössten auf jedem Punkte der Erde um das Sommersolstitium und am kleinsten um das Wintersolstitium der Halbkugel des Beobachtungspunktes. Sie haben folglich sowohl eine tägliche als jährliche Periode, und da diese von der Lage der Sonne gegen den Horizont des Beobachtungspunktes abhängen, so ist es klar, dass die Sonne die wirkende Ursache ist.

Um diese Bewegungen mit der grössten Genauigkeit beobachten zu können, hat *Gauss* das folgende Instrument erfunden. Ein Magnetstab mit einem verticalen Spiegel, festgeschraubt an den einen Pol, ist in einem Filamente horizontal aufgehängt; auf einem Pfeiler in einem Abstande von 6—8 Fuss vom Spiegel

stehet aber ein gegen das Spiegel gerichtetes Fernrohr, unten ist eine horizontale Scale mit feinen Theilstrichen befestigt. Das Bild der Theilstriche wird vom Spiegel nach dem Fernrohre reflectirt, so dass man in dem immer im magnetischen Meridiane stehenden Fernrohre zu jeder Zeit beobachten kann, welcher Theilstrich der Scala sich auf dem im Brennpunkte des Objectivglases befestigten verticalen Filamente projicirt. Dieses Instrument wird wegen der Aufhängungsmethode das Unifilar-Magnetometer genannt. Es ist nun klar, dass eine von der Lage der Sonne abhängige störende Kraft existiren muss, welche zu gewissen Tageszeiten den Nordpol des Stabes nach Westen, zu anderen nach Osten ziehet, folglich senkrecht auf den magnetischen Meridian wirket.

Um zu erfahren ob diese störende Kraft auch bisweilen nach Norden und Süden, d. h. parallel mit dem magnetischen Meridian wirket, hat *Gauss* folgendes Instrument erfunden. Ueber zwei Rollen unterm Dache des Observatoriums in einem Abstande von einander von einigen Zollen gehet ein Eisendrath, dessen untere Enden in demselben Abstande von einander, wie die Rollen oben, in dem Aufhängungsapparate eines horizontalen Magnetstabs befestigt sind. Wenn der Stab magnetisch wäre, so würde er nur in solcher Lage zur Ruhe kommen, dass beide Dräthe mit einander parallel wären oder in derselben Verticalfläche lägen. Man hat aber dem unteren Aufhängungsapparat eine solche Drehung gegeben, dass der Stab gezwungen ist, in einer zu dem Meridiane senkrechten Lage ins Gleichgewicht zu kommen, z. B. mit dem Nordpole nach Westen, dem Südpole nach Osten. Die Torsionskraft der Dräthe strebt folglich den Nordpol des Stabes nach Süden, der horizontale Theil des Erdmagnetismus ihn nach Norden zu treiben. Die Torsionskraft der Dräthe ist unveränderlich, weil sie von der Länge und dem Abstande der Dräthe von einander und endlich von dem Gewichte des Stabes abhängt. Ist aber die horizontale Intensität des Erdmagnetismus zu verschiedenen Tageszeiten veränderlich, so wird eine vergrösserte Intensität dem Nordpole des Stabes eine nördlichere, eine kleinere Intensität eine südlichere Lage ertheilen. Um diese Bewegungen mit Schärfe beobachten zu können, ist auf dem untern Aufhängungsapparate des Stabes in der Mitte zwischen beiden Eisendräthen ein senkrechter

Messingcylinder befestigt und auf dem obern Ende desselben ein kleiner Spiegel festgeschraubt. Auf einem Pfeiler in einem bedeutenden Abstande vom Spiegel steht oben ein Fernrohr, unten eine horizontale Scale mit Theilstrichen, wie bei dem Unifilare.*) Dieses Instrument wird deswegen das Bifilar-Magnetometer genannt. Bei beiden Instrumenten ist der Magnetstab von einem Kasten mit Glasdeckel umgeben, um die Bewegungen der Luft abzuhalten.

Durch eine Reihe von Beobachtungen auf der hiesigen Sternwarte von April 1842 bis Juni 1843 wurde das Bifilar zu Anfang jeder Stunde Tag und Nacht, und das Unifilar jede 10te Minute beobachtet. Aus diesen Beobachtungen folgte, dass die horizontale Intensität am Tage ein Maximum A und ein Minimum B, und in der Nacht wieder ein kleineres Maximum a und ein Minimum b hat. Durch Berechnung dieser Beobachtungen für jeden Monat des Jahres habe ich Formeln gefunden, welche diese mittlere tägliche Variation von Stunde zu Stunde für jeden Monat darstellen, und daraus die Epoche der Maxima und Minima abgeleitet. Die folgende Tafel enthält das Resultat für die horizontale Intensität. Die tägliche Variation ist ausgedrückt in Scalentheilen, wo jeder Theil $\frac{1}{15970}$ der horizontalen Intensität in Christiania bedeutet und ist der Unterschied zwischen dem grössten täglichen Maximum A und dem tiefsten Minimum B.

	Monat	Max. A	Min. b	Max. a	Min. B	Tägliche Variation
1842	April	$6^h 28^m$	$14^h 49^m$	$16^h 18^m$	$22^h 43^m$	51,1
	Mai	6 23	12 23	15 21	22 19	48,0
	Juni	6 26	13 7	15 10	21 50	54,0
	Juli	6 47	14 28	16 26	22 11	49,4
	August	5 7	14 5	16 17	21 31	47,2
	September	6 28	14 12	16 46	22 6	34,8
	October	5 41	13 32	17 50	22 32	23,8

*) Bei unserem Bifilar ist der Abstand des Mittelpunkts des Magnetstabes von den obern Rollen (halbe Länge der Dräthe) 26½ Fuss, Abstand der Dräthe von einander oben und unten 2 Zoll 2 Linien, Länge des Stabes 4 Fuss, Gewicht 27 Pfund, Abstand des Spiegels von der Scale 32 Fuss, ein Scalentheil = 2 Millimeter, Länge der Scala 1,8 Meter.

	Monat	Max. *A*	Min. *b*	Max. *a*	Min. *B*	tägl. Var.
1842	November	$5^h 33^m$	$11^h 53^m$	$18^h 19^m$	$22^h 40^m$	13,6
	December	2 22	12 53	17 47	23 55	8,9
1843	Januar	8 56	14 12	19 50	23 29	10,7
	Februar	—	15 5	18 58	22 40	11,3
	März	4 26	14 33	17 17	22 54	24,7
	April	5 57	16 36	17 24	22 32	44,9
	Mai	7 1	14 30	16 4	22 5	49,3
	Juni	6 36	14 44	16 10	22 19	52,5

Die tägliche regelmässige Variation in den drei Wintermonaten December, Januar und Februar ist so geringe, und die unregelmässigen Veränderungen verhältnissmässig so gross, dass die Bestimmung der Epoche *A* sehr unsicher wird, indem mehrere Maxima und Minima während des Tages sich zeigen. Betrachtet man als Sommer die Monate von April bis September inclusive, in denen die Sonne nördliche Declination hat, und als Winter die übrigen, und nimmt ein Mittel aus den Epochen *A*, *B*, *a*, *b* für Sommer- und Wintermonate, so hat man:

	A	*B*	Zeitintervall	*a*	*b*	Zeitinterv.
Sommer	$6^h 21^m$	$22^h 15^m$	$15^{St.} 54^{Min.}$;	$14^h 19^m$	$16^h 13^m$	$1^{St.} 54^{Min.}$
Winter	6 24	23 2	17 38 ,	13 41	18 20	4 39 .

Das Maximum *A* tritt folglich in den Sommermonaten später und das Minimum *B* früher ein, als in den Wintermonaten, als Folge des längeren Tages. Die zwischen dem kleineren Minimum *b* und Maximum *a* verflossene Zeit ist aus derselbigen Ursache im Sommer kleiner als im Winter, wegen der kurzen Sommernacht.

Da beide Instrumente in 24 Stunden zwei Oscillationen angeben, eine grössere wenn die Sonne über, und eine kleinere wenn sie unter dem Horizont ist, so muss man sich eine von der Sonne mittelbar oder unmittelbar hervorgebrachte perturbirende Kraft vorstellen, deren Richtung in 24 Stunden eine rotirende Bewegung um den Horizont von Süd gegen West, Nord und Ost hat, und dadurch eine Veränderung hervorbringt, sowohl in der Grösse als in der Richtung der horizontalen mittleren Intensität. Wir wollen diese sowohl in Grösse als Richtung veränderliche perturbirende Kraft mit *P* bezeichnen, den Winkel, welchen sie zu einer gewis-

sen Stunde mit dem magnetischen Meridiane bildet von Süd gegen West, oder ihr magnetisches Azimuth, mit α; diese Kraft kann man in zwei Componenten zerlegen, eine senkrecht auf den magnetischen Meridian, welche die Bewegung des Unifilars gegen Ost oder West hervorbringt, und eine parallel mit dem Meridiane, welche die Intensität bald vergrössert, bald verkleinert, und folglich das Bifilar in Bewegung setzt. Bezeichnen wir die erste mit s, die zweite mit p, so ist

$$s = P.\sin\alpha\,, \quad p = P\cos\alpha\,.$$

So lange α zwischen 0° und 180° ist, wird der Nordpol des Unifilars gegen West getrieben, ist α zwischen 180° und 360°, gegen Ost, indem im ersten Falle s einen positiven, im zweiten Falle einen negativen Werth bekommt. Ist α zwischen 0° und 90°, oder zwischen 270° und 360°, so wirkt p gegen Süd und treibt den Nordpol des Bifilars etwas gegen Süd, verkleinert folglich die Intensität; ist α zwischen 90° und 280°, so hat p das entgegengesetzte Zeichen, treibt den Nordpol des Instruments gegen Nord und vergrössert die mittlere Intensität.

Durch die gleichzeitige Beobachtung der beiden Instrumente zu Anfang jeder Stunde sind folglich die Werthe von p und s für jede der 24 Stunden des Tages für jeden Monat des Jahres bekannt und man kann daraus sowohl die Grösse als Richtung der perturbirenden Kraft für jede Stunde berechnen. Es ist nämlich

$$\tang\alpha = \frac{s}{p}\,, \quad P = \frac{s}{\sin\alpha} = \frac{p}{\cos\alpha}\,.$$

Die Lage und Grösse dieser perturbirenden Kraft für alle 24 Stunden kann man auf folgende Weise graphisch anschaulich machen. Auf Papier zieht man eine gerade Linie, welche den magnetischen Meridian vorstellen soll; um einen willkürlichen Punkt in dieser Linie zieht man Linien, welche Winkel mit derselbigen bilden, von der Grösse der zu den 24 Stunden gehörigen Werthe von α, und auf jeder dieser Linien setzt man von dem Mittelpunkt aus nach einem willkürlichen Maassstabe die Länge des Werthes von P ab und verbindet die Endpunkte dieser Linien durch eine krumme in sich selbst zurücklaufende Linie. Will man α und P nicht berechnen, so kann man auf einem in kleine Quadrate ein-

4*

getheilten Papier für jede der 24 Stunden ein Quadrat aufsuchen, welches so viele Theile östlich oder westlich von dem Meridian liegt, als s, und so viel Theile ober- oder unterhalb des Mittelpunkts, als p Einheiten enthält.

Um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, habe ich auf Tafel III. die Grösse und Lage dieser Kraft nach den stündlichen Beobachtungen in Christiania im Juli 1842 construirt. Die Werthe von s sind auf Scalentheile des Bifilars reducirt, und die Seite jeder Quadratur bedeutet einen solchen Scalentheil ($\frac{1}{15970}$ der horizontalen Intensität in Christiania). C bezeichnet den Mittelpunkt des Horizonts, die verticale mit 0—0 bezeichnete Linie den magnetischen Meridian, die ebenso bezeichnete horizontale Linie die magnetische Ost- und West-Linie; die Linien C_0, C_1, C_2 u. s. w. bezeichnen die Grösse und Richtung der perturbirenden Kraft; U Untergang, A Aufgang der Sonne. Man sieht, dass sie gegen 2 Uhr ein Maximum von 30 Scalentheilen hat; sie nimmt etwas ab bis zwischen 4 und 5, nimmt wieder etwas zu bis 7 Uhr; danach nimmt sie geschwind ab bis Sonnenuntergang, hat wieder ein Paar Variationen bis 14 Uhr, wann das kleinste Minimum eintritt (=8,2 Scalentheile), wonach sie kurz vor Sonnenaufgang anfängt stark zuzunehmen. Aus der Figur folgt, das die grösste tägliche horizontale Intensität ungefähr um 7 Uhr eintritt, die kleinste um 22⅓; die grösste westliche Abweichung der Magnetnadel um 2 Uhr, die kleinste zwischen 18 und 19 Uhr, und die mittlere tägliche Abweichung um 8 und 22⅓, da die perturbirende Kraft parallel mit dem Meridiane wirkt. Schon *Celsius* hatte bemerkt, dass zwischen 6 und 7 Uhr die horizontale Nadel beinahe still stand oder einen kleinen Rückschlag machte. Dieses zeigt sich bei den Linien $C6$, $C7$; zwischen 9 und 10 bei Sonnenuntergang muss sie eine rasche Bewegung gegen Ost, und zwischen 22 und 2 Uhr die stärkste Bewegung gegen West haben.

Für die vier Monate Mai, Juni, Juli und August hat die Curve nahe dieselbige Form eines Kopfes mit dem Gesichte gegen Ost, aber mit der nördlichen Declination der Sonne nimmt die Grösse der Kraft P ab, und die Form der Curve wird in den Wintermonaten sehr unregelmässig und von geringem Umfange.

Man muss vermuthen, dass diese von der Sonne herrührende störende Kraft auch eine Wirkung auf die magnetische Neigung haben könne. Wäre die Richtung dieser Kraft genau horizontal, so müsste sie, wenn ihre Richtung nach Süd ginge, die Neigung vergrössern, wenn sie nach Nord ginge, sie verringern. Ich habe deswegen in mehreren Jahren, besonders seit 1844 in verschiedenen Monaten mit einem Inclinatorium von *Gambey* mit 3 verschiedenen Nadeln immer Beobachtungen am Vormittage zwischen 10 und 11 Uhr, und am Nachmittage desselbigen Tages anderthalb Stunden vor Sonnenuntergang angestellt. Die folgende Tafel enthält den mittleren Ueberschuss der vormittäglichen Neigung; wo *n* die Anzahl der verschiedenen Jahre anzeigt.

Monat	*n*	tägl. Variation
Januar	3	0′195
Februar	3	0,527
März	3	0,796
April	7	2,185
Mai	5	2,934
Juni	9	3,001
Juli	5	2,823
August	5	1,835
September	5	1,788
October	3	0,852
November	3	0,975
December	2	0,033

Nur ein einziges Mal im December 1856 war durch ein Mittel aus 4 Beobachtungen Vormittags und Nachmittags das erstere eine halbe Minute kleiner als das letzte. Man sieht aus dieser Tafel eine tägliche Variation, welche im Juni ein Maximum von 3 Minuten giebt, und welche sehr regelmässig nach December abnimmt, wo sie beinahe verschwindet, um wieder vom Anfange des Jahres eben so regelmässig zu steigen bis Juni.

Bei Erscheinungen des Polarlichtes treten immer unregelmässige Abweichungen ein bei allen drei magnetischen Instrumenten. Wahrscheinlich sind alle solche unregelmässige Störungen vom Polarlichte begleitet, obgleich man dieses bei bedecktem Himmel oder wegen des Tageslichts nicht sehen kann. Gewöhnlich steigt

die horizontale Intensität beim Anfange des Nordlichts über die gewöhnliche Grösse, verändert sich in wenig Minuten bald nach der einen, bald nach der entgegengesetzten Seite, und ist gewöhnlich etliche Tage nach dem Nordlichte unter der gewöhnlichen Grösse. Mehrmals hat unser sehr empfindliches Bifilar weit ausserhalb des grösseren Endpunkts der 1,8 Meter langen Scala längere Zeit gestanden; zu anderer Zeit ausserhalb des Nulpunktes des andern Endpunktes, obgleich es gewöhnlich um die Mitte der Scala schwebt. Nach dem Nordlichte ist die Neigung gewöhnlich bedeutend grösser als gewöhnlich. Am 17ten December 1857 war z. B. ein flammendes Nordlicht den ganzen Tag; das Bifilar stand des Abends ausserhalb der Scala und wurde auf 1271 geschätzt. Der mittlere Stand des Monats war 708,6, welches eine Vergrösserung von $\frac{1}{34,5}$ der gewöhnlichen Grösse der horizontalen Intensität angiebt. Den 18ten Vormittags beobachtete ich die Neigung = 71°28′58, welche 5 Minuten grösser war als das monatliche Mittel zu derselbigen Tageszeit.

Bei Berechnung der Beobachtungen des Unifilars auf den Brittischen Colonial-Observatorien in Toronto (Nordamerika) und in Hobarton (Neu-Holland) hat Herr General *Sabine* in diesen irregulären Perturbationen eine Periodicität zu finden geglaubt, indem er ihnen eine Periode von 10 Jahren giebt. *Lamont* hat aus seinen Beobachtungen über die Grösse der täglichen regelmässigen Variation der horizontalen Magnetnadel in München von 1841 bis 1850, verbunden mit *Goldschmidt*'s ähnlichen Beobachtungen in Göttingen von 1835 bis 1841, eine Periode von $10\frac{1}{3}$ Jahren gefunden und bemerkt, dass das Minimum dieser Schwankungen sowohl als das Minimum der von *Sabine* bemerkten irregulären Perturbationen mit dem aus *Schwabe*'s vieljährigen Beobachtungen gefundenen Minimum der Sonnenflecken zusammenfiel.

Durch Berechnung meiner zahlreichen Beobachtungen der Neigung hier in Christiania von 1828 bis 1858 habe ich untersucht, ob diese auch eine Periode von mehreren Jahren anzeigen könnten, indem ich mich überzeugt hielt, dass der Beobachtungsfehler bei jeder einzelnen Beobachtung, besonders seit 1844, kaum eine halbe

Minute erreichen könnte; um so mehr da ich zu der Untersuchung immer ein Mittel aus Vormittags- und Nachmittags-Beobachtungen anwandte, wodurch die tägliche Variation eliminirt, und der mögliche Beobachtungsfehler verkleinert wurde. Durch eine vorläufige Rechnung fand ich eine Periode von $11\frac{1}{9}$ Jahren, in welcher das Minimum ziemlich nahe mit dem Minimum der aus den Sonnenflecken von Herrn Prof. *Rudolph Wolf* gefundenen Periode von $11\frac{1}{9}$ zusammenfiel. Meine Methode war folgende: Da die Abnahme der Neigung in Christiania sich von Jahr zu Jahr vermindert, so suchte ich eine Formel, welche sich so nahe wie möglich an die Beobachtungen in der ganzen Reihe anschliesst; und durch diese Formel reducirte ich die in jedem Jahre beobachtete mittlere Neigung auf die Epoche 1830,0 (Anfang des Jahres). Wenn keine periodische Schwankung existirte, sollten alle diese reducirten Neigungen gleich gross sein. Es zeigte sich aber, dass sie in 5—6 Jahren nach einander grösser, in den folgenden wieder kleiner, als im Jahre 1830 waren. Für diese Variation suchte ich wieder mit der *Wolf*'schen Periode von $11\frac{1}{9}$ Jahren eine Formel, welche sich so nahe wie möglich an die reducirten Neigungen anschliesst und diese gab

für Maxima	1828,9	1840,0	1851,1	1862,2	
für Minima	1823,3	1834,5	1845,6	1856,7	
Min. der Sonnenflecke	1822,2	1833,3	1844,5	1855,6	nach *Wolf*.

Die Minima der Neigung treten folglich ein Jahr später ein, als die Minima der Sonnenflecken, welcher Unterschied vielleicht zufällig ist, und bei fortgesetzten Beobachtungen wegfallen könnte. Die Formel giebt den Unterschied zwischen Maximum u. Minimum in der Periode = 4'4, welcher viel grösser ist als der mögliche Beobachtungsfehler; aber die Beobachtungen geben diesen Unterschied in den zwei ersten Perioden 1828,9—1851,1 = 5'—6', die letzte Periode bloss = 2'4. Wahrscheinlich ist in Folge dessen diese Schwankung nicht in allen Perioden von derselben Grösse.

Um zu untersuchen ob auch eine jährliche periodische Schwankung im Laufe eines Jahres stattfindet, wurde zu der Reduction auf 1830,0 für jeden Monat in der ganzen Reihe noch die Reduction für die 11-jährige Periode hinzugefügt, da in den ersten

Jahren die Beobachtungen bloss in einem oder in ein Paar Monaten des Jahres angestellt waren. Bezeichnet man die mittlere Neigung eines Jahres durch M, so finde ich

Maximum Febr. 8 = $M+1'31$
Minimum Juli 6 = $M-1,90$
Maximum Sept.29 = $M+0,62$
Minimum Nov. 17 = $M+0,41$

Es scheinen folglich zwei Maxima und zwei Minima in jedem Jahr zu sein; der Unterschied zwischen dem grössten Maximum im Februar und dem kleinsten Minimun im Juli ist 3'4; zwischen den zwei folgenden unbedeutend. Auch dieses Resultat wird wahrscheinlich durch fortgesetzte Beobachtungen modificirt.

Das Verhältniss zwischen den magnetischen Intensitäten auf verschiedenen Punkten der Erdoberfläche kann man auf folgende Weise bestimmen. Man stellt das Neigungsinstrument in den magnetischen Meridian, bringt die Nadel etliche Grade aus der Gleichgewichtslage und notirt nach einem Chronometer die Minute und Secunde bei Anfang der ersten und jeder folgenden zehnten Schwingung, bis man z. B. zu der 100sten Schwingung gekommen ist. Es ist klar, dass je grösser die Intensität ist, desto geschwinder die Nadel schwingen wird und desto kleiner also die Zeit von 100 Schwingungen sein wird. Hat man die Zeit von 100 Schwingungen derselbigen Nadel auf zwei verschiedenen Punkten beobachtet, so verhalten sich die Intensitäten auf diesen zwei Punkten umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungszeiten, vorausgesetzt, dass das magnetische Moment der Nadel in der Zwischenzeit unverändert geblieben ist, welches man untersuchen kann durch eine zweite Beobachtung auf dem ersten Punkte nach Abschluss der Beobachtungsreihe. Da die Temperatur der Nadel während der Beob. eben so wie die Grösse des Schwingungsbogens bei jeder Schwingung und der Gang der Uhr auf die beobachtete Schwingungszeit Einfluss haben, so müssen deswegen verschiedene Reductionen angebracht werden, um ein genaues Resultat zu erhalten.

Die ersten Beobachtungen dieser Art wurden von Herrn *Lamanon* auf der Expedition des *La Perouse* gemacht, gingen aber mit der ganzen Expedition verloren. Die nächste Reihe

wurde auf der Expedition zur Aufsuchung des *La Perouse* unter Admiral *Dentrecasteaux* ausgeführt. *) Als Beispiel werde ich diese Beobachtungen hier anführen.

Beobachtungs-Punkt	Beobachtungs-Zeit	Breite	Länge v. Paris	Zeit von 100 Schwing.	Intensität
Brest	1791 Sept. 20	48°24′ N	6°50′ W	202″0	1,446
St. Croix, Teneriffa	Oct. 21	28 28 N	18 33 W	208,1	1,362
Port du Nord, Van Diemen	1792 Mai 11	43 32 S	144 36 O	186,9	1,689
Amboina	Octb. 9	3 42 S	125 47 O	240,3	1,022
Port du Sud, Van Diemen	1793 Febr. 7	43 34 S	144 36 O	184,98	1,724
Sourabaya, Java	1794 Mai 9	7 14 S	110 19 O	242,9	1,000

Wenn die kleinste Intensität auf Java als Einheit angenommen wird, so enthält die letzte Columne die relativen Intensitäten. Von der Nähe des Aequators bis zu 43½° südl. Breite ist also die Intensität von 1 bis zu der Grösse 1,72 gestiegen; und in Brest in 48°24′ nördl. Breite bis zu 1,446. Bei diesen Beobachtungen ist zwar Reduction wegen der Grösse der bedeutenden Schwingungsbogen, aber keine für die Temperatur angebracht.

Etliche Jahre später (1799—1802) führte Herr *von Humboldt* auf seiner Reise von Paris über Madrid nach Amerika eine grössere Reihe von Beobachtungen dieser Art aus, von Lima in 12° südl. bis Mexico in 19°26′ nördl. Breite. Als Einheit der Intensität nahm er die kleinste, welche stattfand in einem Punkte in 7°1′ südl. Breite und 60°4′ westl. Länge von Paris, wo die Neigungsnadel horizontal war und die langsamsten Schwingungen machte, und berechnete daraus die Intensität für alle übrigen Beobachtungspunkte. Sowohl südwärts wie nordwärts von diesem Punkte war die Intensität zunehmend. In Theilen dieser Einheit war die Intensität in Mexico (Breite 19°26′ nördl., Länge 101°26′ westl. von Paris) = 1,3155, und in Paris (Breite 48°50′) = 1,3482. Man sieht hieraus, dass in Amerika die Intensität viel stärker mit der nördlichen Breite steigt, und in Neuholland mit der südlichen Breite als in Europa, weil man in Amerika dem stärkeren Nordpol *B*, und in Neuholland dem stärkeren Südpol *A* bei zunehmender Breite sich nähert.

*) Voyage de *Dentrecasteaux,* rédigée par l'Admiral de *Rossel.* Tome II.

Diese willkürliche Einheit wurde nachher lange Zeit als allgemeines Intensitätsmaass beibehalten. Sie ist grösser als die oben für die Beobachtungen auf der Reise von *Dentrecasteaux* angenommene Einheit auf Java, welche in Theilen von *Humboldt*'s Einheit bloss = 0,935 wird, obgleich die Neigung auf Java = 25°40′ südlich war, folglich der Beobachtungspunkt südwärts vom magnetischen Aequator liegt. Dieses lässt sich aus der excentrischen Lage der beiden Magnetachsen erklären. Bei den *Humboldt*'schen Beobachtungen wurde keine Reduction wegen der Grösse der Schwingungsbogen oder der Temperatur angebracht, und die Veränderungen des magnetischen Momentes der Nadel konnte nicht nach Vollendung der Reise in Paris durch neue Beobachtungen untersucht werden.

Später fand man diese Beobachtungsmethode weniger brauchbar, indem man die Pole der Neigungsnadel nicht umkehren darf, wobei das magnetische Moment der Nadel verändert würde und man folglich keine sichere Neigung erhalten würde, da man den Einfluss der Excentricität des Schwerpunktes der Nadel auf die Neigung nicht wegschaffen könnte. *) Eine Magnetnadel oder ein magnetisirter Stahlcylinder wurde in einem hölzernen Gehäuse mit Glasdeckel an einem Coconfaden horizontal aufgehängt, und die Zeit einer gewissen Anzahl Schwingungen beobachtet. Da aber auf diese Nadel bloss der horizontale Theil des Erdmagnetimus wirkt, so kann man durch diese Beobachtungen bloss das Verhältniss der horizontalen Intensitäten bestimmen, und muss zugleich die Neigung beobachten, um aus der horizontalen die ganze Intensität berechnen zu können. Auf einer Reise von Berlin über Paris, der Schweiz nach Neapel in den Jahren 1805 und 1806 machten *Humboldt* und *Gay-Lussac* die erste Anwendung dieser Methode.

Gegen diese beiden Methoden ist Folgendes einzuwenden: 1) Sie geben bloss relative Resultate. 2) Da verschiedene

*) Da der eingetheilte Kreis aus Metall, welcher die Neigungsnadel umgiebt, wegen des Rotationsmagnetismus die Nadel bald zur Ruhe bringt, so war man genöthigt, die Anfangs-Elongation sehr gross, bis 90″, zu nehmen, um eine bedeutende Anzahl von Schwingungen zu erhalten. Dabei wurde aber die Reduction auf verschwindende Bogen sehr unsicher.

Nadeln wegen ihrer Dimensionen und ihres magnetischen Zustandes verschiedene Schwingungszeiten haben, so muss man, um das Resultat auf die willkürliche *Humboldt*'sche Einheit reduciren zu können, nothwendig die Schwingungszeit der Nadel auf einem Punkte beobachten, welcher zu der *Humboldt*'schen Beobachtungsreihe gehört, z. B. in Paris oder Berlin. 3) Die Genauigkeit des Resultats beruhet auf dem unveränderlichen magnetischen Moment der Nadel während der Reise. Ist die Nadel kurz vor der Abreise magnetisirt worden, so nimmt es in der ersten Zeit ziemlich stark ab; und wenn man auch nach der Reise auf dem Ausgangspunkt die Schwingungszeit wieder beobachtet, um die zwischenliegenden Beobachtungen zu interpoliren, so ist die Abnahme des magnetischen Moments nicht genau der verflossenen Zeit proportional. 4) Da endlich die Intensität auf jedem Punkte der Erde wegen der veränderlichen Lage der Magnetpole eben so veränderlich ist, wie die Abweichung und Neigung, so ist die *Humboldt*'sche Einheit eine eben so veränderliche Grösse. Wenn man mit *Humboldt* die Intensität in Paris in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts = 1,3482 setzte, so ist es nicht erlaubt, ihr nach Verlauf eines halben Jahrhunderts noch diesen Werth zu geben.

Durch Verbindung der beobachteten Schwingungszeit eines Magnetstabes mit den Ablenkungen, welche dieser in verschiedenen Abständen von dem Mittelpunkte eines anderen nachher im Unifilar - Magnetometer aufgehängten Magnetstabes hervorbringt, fand *Gauss* eine Methode, die horizontale Intensität in Einheiten auszudrücken, welche von dem magnetischen Zustande der Stäbe unabhängig ist. Durch diese Methode ist man jetzt in den Stand gesetzt, auf jedem Punkte der Erde die Veränderungen der Intensität von Jahr zu Jahr zu bestimmen. Die von *Gauss* angenommene Einheit ist die Kraft, welche in einer Secunde mittlerer Zeit der Masse eines Milligrammes eine Geschwindigkeit von einem Millimeter ertheilen kann.

Zu der Bestimmung werden zwei Magnetstäbe A und B angewendet, deren magnetische Momente ich mit M und M' bezeichnen will; die unbekannte horizontale Intensität des Erdmagnetismus sei $= H$. 1) Man beobachtet die Zeit einer Anzahl Schwingungen des Stabes A im Magnetometer. Die Zeit einer

Schwingung ist abhängig von dem Producte HM des Erdmagnetismus und des magnetischen Moments des Stabes und zugleich von seinem Trägheitsmomente (Masse und Dimensionen), welches letztere man durch andere Untersuchungen bestimmen, und folglich als bekannt ansehen kann. Den Werth des Products HM, welchen ich mit P bezeichnen will, kann man folglich berechnen. 2) Der Stab A wird mit dem Stabe B vertauscht und der Stab A wird in einer horizontalen, durch den Mittelpunkt des Magnetometers gehenden, auf dem magnetischen Meridiane senkrechten Linie in einem bedeutenden Abstande niedergelegt, z. B. auf der Ostseite mit dem Nordpole gegen Westen. Der Stab B wird dadurch vom magnetischen Meridiane abgelenkt, indem der Nordpol gegen Westen, der Südpol gegen Osten getrieben wird, und die Grösse der Ablenkung wird auf der Scala beobachtet. Der Stab A wird, ohne seinen Abstand zu verändern, umgelegt mit dem Südpole gegen Westen, wobei der Stab B mit dem Nordpole nach der östlichen Seite des Meridians abgelenkt wird und die Grösse dieser Ablenkung wird wieder beobachtet. Der Stab A wird sodann auf der Westseite des Unifilars in demselben Abstande niedergelegt u. die zwei Ablenkungen wie vorher beobachtet. Das Mittel dieser vier beinahe gleich grossen Ablenkungen werde ich mit α bezeichnen. Die Kraft, welche den in die Ablenkung α gebrachten Stab B nach dem Meridiane treibt ist $= HM' \sin \alpha$. Die Anziehung eines Magnetstabes auf eine magnetische Partikel in einem grossen Abstande vom Mittelpunkte des Stabes ist sehr nahe im umgekehrten Verhältnisse der dritten Potenz des Abstandes a. Der Stab B macht in dieser Lage einen Winkel $= 90° - \alpha$ mit der verlängerten Richtuug des Stabes A, folglich ist die ablenkende Kraft sehr nahe $= \frac{MM'}{a^3} \cos \alpha$. Da der Stab B im Gleichgewicht stehet zwischen dieser Kraft und der vorigen $HM' \sin \alpha$, so müssen diese gleich gross sein, und man erhält dadurch $\frac{M}{H} = a^3 \tang \alpha$. Da a und α bekannte Grössen sind, so wollen wir den Werth $a^3 \tang \alpha$ der Kürze wegen mit Q bezeichnen.

Aus der Schwingungszeit des Stabes A haben wir $HM = P$; aus Ablenkungen des Stabes B, $\frac{M}{H} = Q$, wo P und Q bekannte Zahlenwerthe sind. Hieraus folgt

$$H^2 = \frac{P}{Q}, \; M^2 = PQ.$$

Man hat folglich den Werth von H unabhängig gefunden von den magnetischen Momenten M und M' der beiden Stäbe, und zugleich das magnetische Moment des Stabes A. Da aber der Satz, dass die Wirkung eines Magnetstabes in umgekehrtem Verhältnisse zu der dritten Potenz des Abstandes für endliche Abstände nur annähernd wahr ist, muss der Ablenkunsstab wenigstens in zwei verschiedenen Abständen auf jeder Seite des Unifilars niedergelegt werden, um den genauen Werth von Q berechnen zu können.

Da bei der Zeit einer Schwingung zugleich die Masse des Stabes in Betracht kommt, bei der Ablenkung der Abstand, so wird der Zahlenwerth von H und M verschieden gefunden, nachdem man für diese drei Grössen verschiedene Einheiten wählt; so ist zu bedauern, dass die Engländer bei ihrer Bestimmung der Intensität eine neue Einheit eingeführt haben, indem sie statt Millimeter und Milligramme den englischen Fuss und das englische Grain anwenden. Die englische Einheit ist = 2,0771 gegen die *Gauss*ische.

Um einen anschaulichen Ueberblick über das Intensitätssystem der Erde zu erhalten, kann man die beobachteten Intensitäten auf eine Karte schreiben und die Punkte, wo sie von derselben Grösse sind, mit krummen Linien, welche ich isodynamische Linien genannt habe, verbunden. Zwischen 1820 und 1830 habe ich verschiedene Specialkarten über die isodynamischen Linien, sowohl der ganzen als der horizontalen Intensität, und endlich nach meiner Zurückkunft von Sibirien die erste Universalkarte über die Isodynamen der ganzen Intensität geliefert.*) Die bedeutende Lacune im südlichen atlantischen und indischen Meere ist später durch Herrn General *Sabine* theilweise ausgefüllt,**) und noch mehr durch die Beobachtungen auf der Expedition des Capitain *Ross* in der Nähe des Südpols.***)

*) In dem Norwegischen „Magazin for Naturvidenskaberne“ für 1832, und in „*Poggendorff*'s Annalen“ Band XXVIII 1833.

**) Report on the variations of magnetic intensity, observed at different points of the Earths surface by Major *E. Sabine*. London 1838.

***) Philos. Transactions 1844.

Die Isodynamen haben, ebenso wie die Isoklinen, zwei Biegungen. In dem Meridiane eines Magnetpols entfernen sie sich vom Erdpole, nähern sich dem Erdpole zwischen beiden Magnetpolen und entfernen sich wieder im Meridiane des andern Magnetpols. Die Biegungen sind viel bedeutender um die stärkeren Pole *B* und *A*, als um die schwächeren *b, a*. Eine Isodyname von der Intensität = 1,5 in *Humboldt*'schen Einheiten gehet z. B. zwischen Cap Florida und Havanna in der nördlichen Breite 25° gegen Osten und Nordosten durch das atlantische Meer, berührt die Ostküste von Island, steigt weiter zu der Breite 74° in der Nähe der Bären-Insel, gehet nachher gegen Südost und durchläuft die Uralschen Bergwerke und den nördlichen Theil von China, wo sie den Parallel von 40° nördl. Breite berührt; steigt darauf nach Nordost und gehet durch die Mitte von Kamtschatka, worauf sie gegen Südost heruntersteigt über das stille Meer durch das nördliche Kalifornien nach Havanna. Die Form der Isodynamen in der Nähe der beiden nördlichen Magnetpole zeigt die Polarkarte Tab. IV.

Aehnliche Biegungen haben haben die Isodynamen in der südlichen Halbkugel; sie nähern sich dem Aequator in Neuholland und westlich vom Feuerlande, und entfernen sich vom Aequator unter Afrika und in der Mitte des stillen Oceans. Zwischen den südlichen Breiten 75° und 77° und den Längen 170° bis 190° östlich von Greenwich ist nach den Beobachtungen des Capt. *Ross* die Intensität bis zu der Grösse = 2 gefunden, folglich etwas grösser als die grösste Intensität in der nördlichen Halbkugel, welche nicht grösser als 1,878 in Breite = 52°19′, Länge = 268°1′ östlich von Greenwich zu sein scheint.

Die totale Intensität, welche in einer schiefen Richtung gegen den Horizont wirkt, kann in zwei Componenten zerlegt werden, eine horizontale und eine verticale. Durch die *Gauss*ische Methode bestimmt man die horizontale Intensität unmittelbar, und wenn die Neigung beobachtet ist, berechnet man daraus die totale und verticale durch Multiplication der horizontalen, respective mit der Secante und Tangente der Neigung. Da die Magnetpole ihre Lage und vielleicht ihre Intensität verändern, so ist es unzweifelhaft, dass auch die drei obengenannten Intensitäten eine langsame Secularveränderung haben und die Isodynamen ihre Form ver-

ändern müssen. Da man die Intensitäten jetzt in absoluten Einheiten bestimmen kann, so ist es nothwendig, die jährliche Grösse dieser Veränderungen zu untersuchen. Dazu würde aber eine grössere Reihe von absoluten Bestimmungen auf jedem Punkte erforderlich sein, als wir jetzt haben. Absolute Bestimmungen der horizontalen Intensität sind nur auf wenigen Punkten in Europa gemacht. Um doch einen Begriff von der Grösse dieser Veränderungen zu geben, will ich Folgendes anführen. Wir wollen die horizontale, verticale und totale Intensität in *Gauss*ischen Einheiten mit H, V und T, und z. B. die Grösse von H beim Anfange eines gewissen Jahres t_0 mit H_0 bezeichnen. Für einen andern willkürlichen Zeitpunkt t kann man annehmen

$$H = H_0 + m\,(t - t_0) + n\,(t - t_0)^2,$$

wo $t - t_0$ die von der Epoche t_0 verlaufene Zeit in Jahren und Bruchtheilen des Jahres bedeutet. Ist die Veränderung gleichförmig, so ist $n = o$, wird aber die Zunahme von H nach und nach kleiner, so muss n einen kleinen negativen Werth haben. War z. B. $t - t_0 = 3$ Jahre, so hätte man

$$H = H_0 + 3m - 9n.$$

Wenn man eine längere Reihe von Beobachtungen hat, kann man die Werthe von H_0, m und n suchen, welche die nach der Formel berechneten Werthe von H so nahe wie möglich an die Beobachtungen anschliessen. Auf dieselbe Weise kann man mit V und T verfahren. Die folgenden Tafeln enthalten die nach dieser Methode bestimmten Werthe von m und n, welche Einheiten der 4. Decimale der Intensität sind.

	H	m	n
Christiania	1,5191	$+23,735\ (t-1827)$	$-0,2797\ (t-1827)^2$
Stockholm	1,5326	$+18,787\ (t-1828)$	$-0,2118\ (t-1828)^2$
Kopenhagen	1,6238	$+25,489\ (t-1827)$	$-0,3720\ (t-1827)^2$
Göttingen	1,7745	$+\ 8,176\ (t-1834)$	$+0,5052\ (t-1834)^2$
Paris	1,7711	$+33,250\ (t-1823)$	$-0,2457\ (t-1823)^2$
London	1,6658	$+17,950\ (t-1823)$	
Moscwa	1,7762	$-15,435\ (t-1828)$	

	V	m	n
Christiania	4,7593	$-44{,}072\ (t-1827)$	$+0{,}3208\ (t-1827)^2$
Stockholm	4,6932	$-72{,}346\ (t-1828)$	$+1{,}6161\ (t-1828)^2$
Kopenhagen	4,5649	$-41{,}377\ (t-1827)$	$+0{,}2539\ (t-1827)^2$
Göttingen	4,4048	$-46{,}450\ (t-1834)$	$-1{,}5440\ (t-1834)^2$
Paris	4,4166	$-51{,}036\ (t-1823)$	$+0{,}0183\ (t-1823)^2$
London	4,5718	$-62{,}350\ (t-1823)$	
Moscwa	4,6344	$-69{,}941\ (t-1828)$	

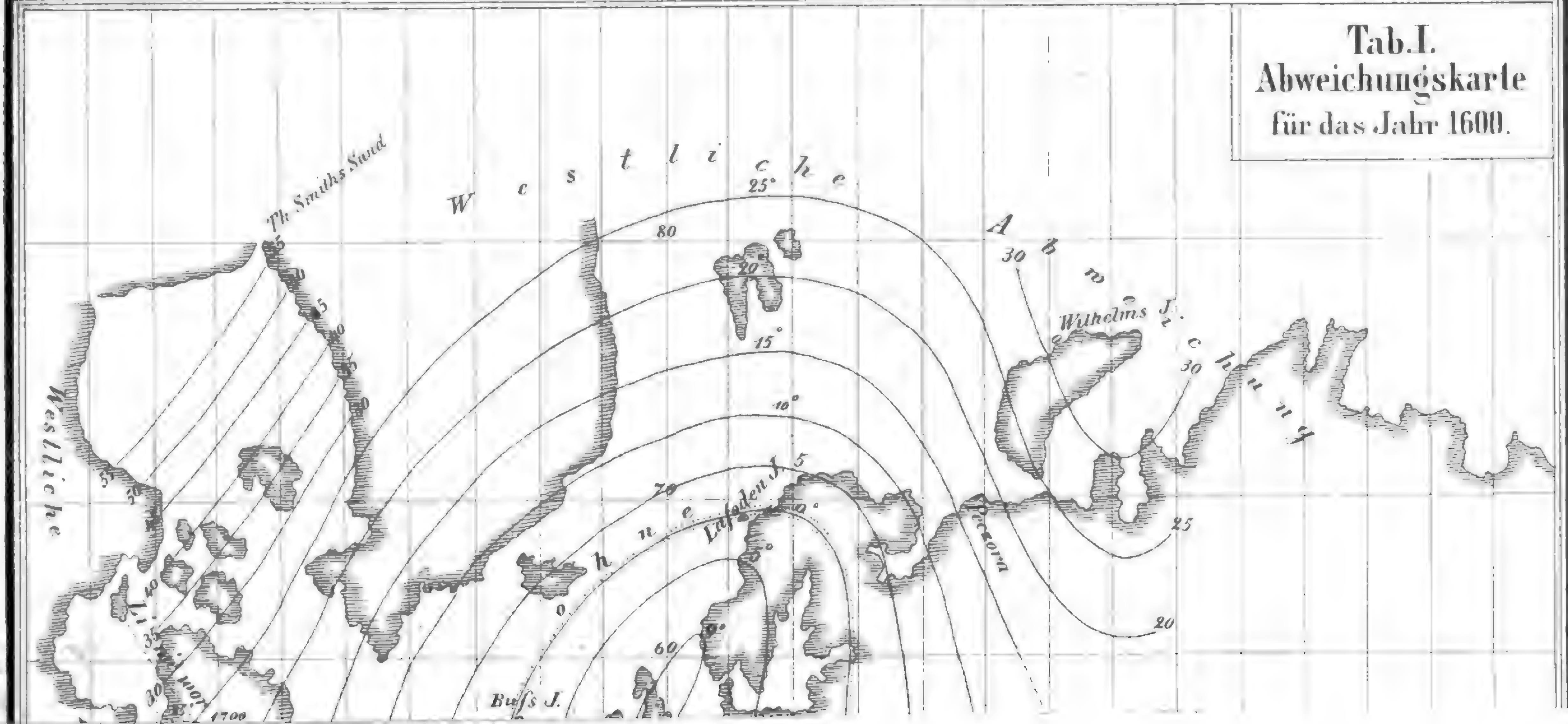
	T	m	n
Christiania	4,9963	$-35{,}566\ (t-1827)$	$+0{,}2571\ (t-1827)^2$
Stockholm	4,9372	$-63{,}069\ (t-1828)$	$+1{,}4732\ (t-1828)^2$
Kopenhagen	4,8454	$-30{,}750\ (t-1827)$	$+0{,}1286\ (t-1827)^2$
Göttingen	4,7489	$-46{,}766\ (t-1834)$	$-0{,}4907\ (t-1834)^2$
Paris	4,7585	$-33{,}714\ (t-1823)$	$-0{,}1981\ (t-1823)^2$
London	4,8658	$-52{,}090\ (t-1823)$	
Moscwa	4,9634	$-71{,}174\ (t-1828)$	

Die Genauigkeit der Werthe von m und n ist sehr verschieden nach der Menge von Beobachtungen auf jedem Punkte, der Anzahl von Jahren, in welchen sie gemacht sind, und der Länge der Zeit zwischen der ersten und letzten Bestimmung. Die Werthe für Göttingen beruhen auf 11 Bestimmungen in 6 verschiedenen Jahren zwischen 1834 und 1843, und zeigen eine Anomalie gegen die übrigen, da m und n dasselbe Zeichen haben, welches wahrscheinlich durch eine längere Reihe von Beobachtungen berichtigt wird. In Paris beruhen sie auf drei (1823, 1831, 1853); in London auf zwei (1823—1830); in Moscwa auf zwei (1828 und 1851); auf den übrigen Punkten auf einer grössern Anzahl. Indessen kann man hieraus folgendes mit Sicherheit schliessen:

1) Die horizontale Intensität in Europa nimmt zu, aber mit abnehmender Geschwindigkeit, da n negativ ist; in Moscwa nimmt sie ab.

2) Die verticale Intensität nimmt ab, aber mit abnehmender Geschwindigkeit.

3) Die totale Intensität nimmt ab, und die Abnahme scheint sich auch hier mit der Zeit zu vermindern.


Tab. I.
Abweichungskarte
für das Jahr 1600.
Th Smiths Sund
Westliche
Westliche Abweichung
Wilhelms J.
Lafoden J.
Peczora
Buſs J.
80
25°
20°
15°
10°
70
60
30
25
20

Diese Veränderungen lassen sich ohne Zweifel auf folgende Weise erklären. Die horizontale Intensität nimmt zu, weil die Neigung abnimmt, und folglich diese Componente mit der Zeit einen grösseren Theil von der totalen Intensität ausmacht; da aber die jährliche Abnahme der Neigung von Jahr zu Jahr kleiner wird, so vermindert sich deswegen der Zuwachs der horizontalen Intensität. — Die totale Intensität nimmt ab wegen der Entfernung des östlichen Pols *b* von Europa, die Abnahme wird aber nach und nach kleiner wegen der langsamen Annäherung des westlichen Magnetpols *B*.

In der südlichen Halbkugel kenne ich nur einen Punkt, wo so viele Intensitätsbestimmungen gemacht sind, dass sie mit einiger Sicherheit auf absolute Einheiten reducirt werden können u. dass man daraus die jährlichen Veränderungen folgern kann (Beobachtungen in 5 verschiedenen Jahren zwischen 1817 und 1851).

Rio de Janeiro.

$$H = 3{,}0825 \quad -83{,}159\,(t-1818) \quad +0{,}8468\,(t-1818)^2$$
$$V = 0{,}8091 \quad -63{,}259\,(t-1818) \quad +0{,}2914\,(t-1818)^2$$
$$T = 3{,}1862 \quad -94{,}829\,(t-1818) \quad +0{,}8735\,(t-1818)^2$$

Die südliche Neigung nimmt hier jährlich um 4′ ab, und die totale Intensität ziemlich stark wegen der westlichen Bewegung des schwächeren südlichen Pols *a*, welcher sich von Südamerika entfernt, die Abnahme wird aber nach und nach geringer wegen der langsamen Annäherung des Pols *A*.

Es ist oben, Seite 51, gezeigt worden, dass die täglichen regelmässigen Variationen der Declination, Inclination und horizontalen Intensität durch eine von der Sonne bewirkte perturbirende Kraft, welche in 24 Stunden eine Rotation um den Horizont macht, erklärt werden können. Es entsteht die Frage: ist die Richtung dieser perturbirenden Kraft horizontal oder hat sie eine Neigung gegen den Horizont? Wenn die Richtung dieser Kraft eine Neigung gegen den Horizont hat, so muss sie eine tägliche Variation in der verticalen Intensität *V* hervorbringen. Die Engländer haben zwar ein Instrument zu dieser Untersuchung eingerichtet, welches sie das verticale Magnetometer nennen, und wel-

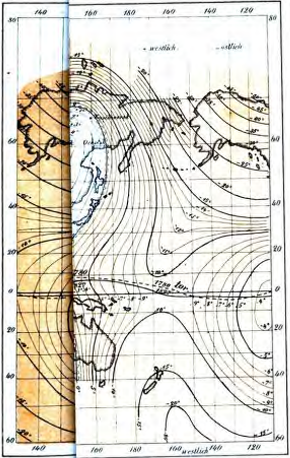
„Bemerkungen über die verschiedenen Abstände der festen „Eisflächen vom Südpole im stillen und im atlantischen „Meere? Vielleicht möchte ein tieferes Studium der magne- „tischen Kräfte der Erde über diese dunkeln Gegenstände „das gehörige Licht verbreiten. Diese Bemerkungen haben „später Herrn Dr. *Brewster* bewogen, diese Regionen den „Namen „Kältepole“ zu geben. Nun kann man die Frage „aufstellen:

„Ist die starke magnetische Intensität dieser Regionen „Ursache oder Folge der niedrigen Temperatur?“

4) Ist die Bewegung der Magnetpole fortschreitend nach derselben Richtung, oder bloss eine oscillirende Bewegung?

5) Welche Ursachen haben die beiden magnetischen Polarrichtungen der Erde und ihre veränderte Lage hervorgebracht; sind es electrochemische Wirkungen im Innern des Erdkörpers oder äussere Einwirkungen, z. B. von Sonne und Mond?

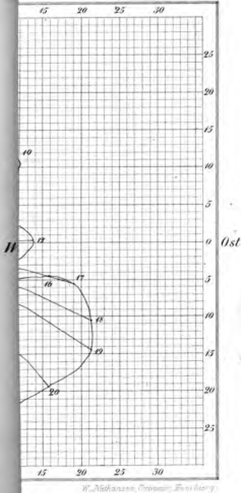
ren 1810 und 1830. Tab. II.



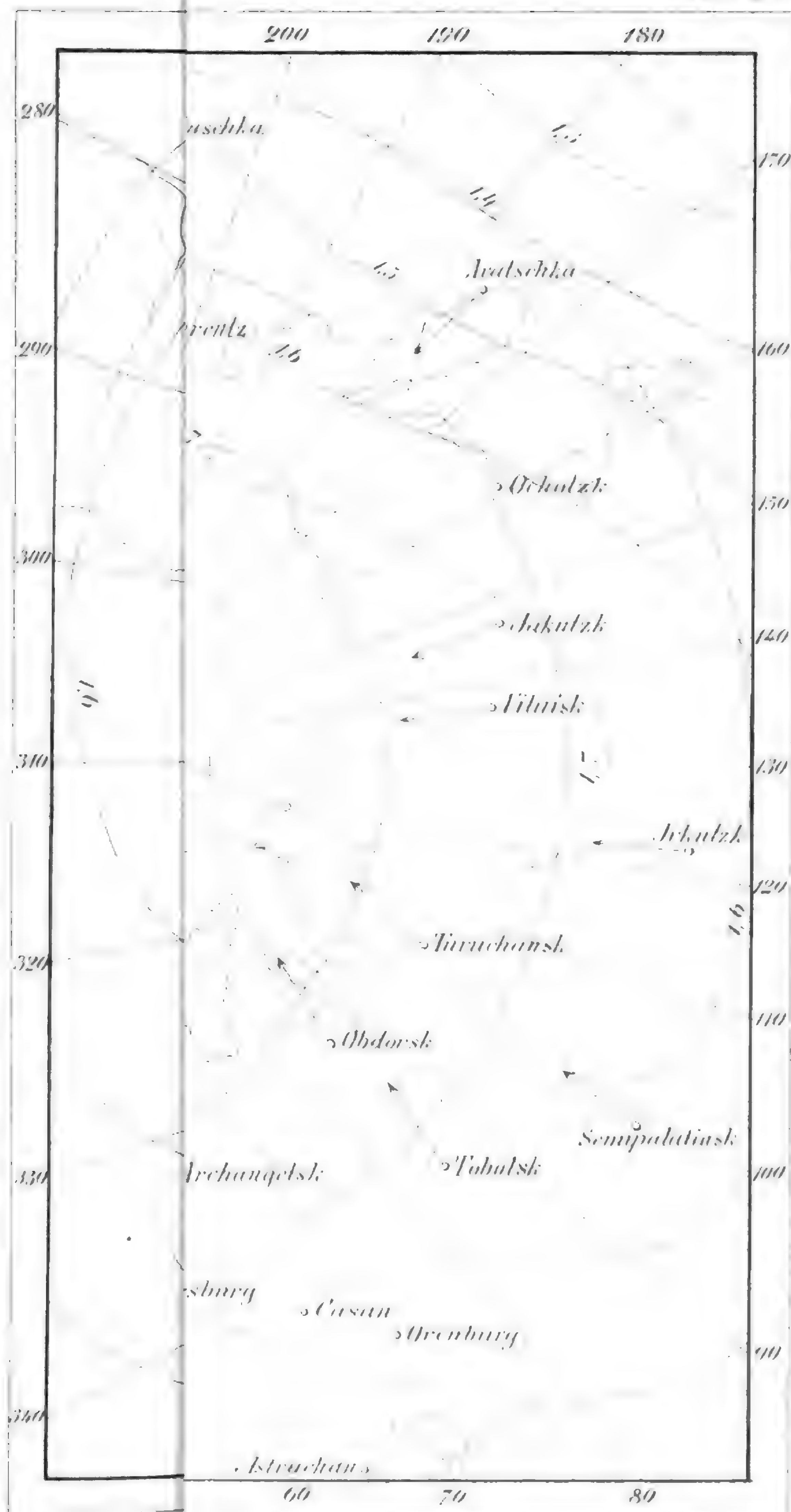
Die ... In war 1827 nicht bekannt.

...etischen Kraft für alle 24
...tiania.

Tab. III.



Tab. IIII.



Zeitschr: f

Zur Kometenkunde.

Von

J. H. Mädler.

Der Verfasser dieses hat bereits in zwei früheren Aufsätzen *) (1843 und 1844) den damaligen Zustand unserer Kenntniss dieser Weltkörper darzustellen versucht, und konnte zu jener Zeit glauben, den Gegenstand für die populäre Behandlung im Allgemeinen erschöpft zu haben. Aber fast drei Lustra sind seitdem verflossen; die Wissenschaft hat auch in dieser Beziehung eine andere Gestalt gewonnen; neue Gesichtspunkte sind eröffnet und der heutige Rundschauer kann, was damals ihn zufrieden stellte, heut nicht mehr ganz genügend finden.

Wenn es sich nur um die seit jener Zeit hinzugekommenen Kometen handelte, so läge wenig Veranlassung vor, den Gegenstand hier aufs Neue zur Sprache zu bringen. Durchschnittlich werden jetzt 5—6 Cometen jährlich entdeckt; einmal (1846) ist die Zahl auf 8 gestiegen, während 1856 leer ausging, allein keiner der in jüngster Zeit entdeckten hat uns neue und unerwartete Aufschlüsse gegeben; keiner hat durch Grösse oder Augenfälligkeit dem Publikum imponirt. **)

Auch die innere Natur der Kometen ist noch ziemlich ebenso räthselhaft wie sie es von jeher gewesen, obwohl es an Meinungen und Hypothesen mancher Art und Form auch in dieser Zeit nicht gefehlt hat. Im Allgemeinen haben die Wahrnehmungen der letztverflossenen Jahre nur neue Bestätigungen dessen geliefert, was bereits früher rücksichtlich dieser Weltkörper feststand.

*) In der *Cotta*'schen deutschen Vierteljahrsschrift.

**) Der Verfasser hat diesen Aufsatz vor dem Erscheinen des grossen Cometen von *Donati* geschrieben. D. H.

Dagegen haben die Forschungen über ihren Lauf zu Resultaten geführt, die uns Thatsachen von höchster Wichtigkeit kennen lehrten. Stets waren die Laufbahnen der Weltkörper Hauptaufgabe der Astronomie und stets werden sie es bleiben; denn während alles Andere, was sich über die Himmelskörper erforschen lässt, seine fragmentarische, räthselhafte und vieldeutige Natur nicht verleugnen kann, stehen wir bei Erforschung der Bahnbewegungen auf unerschütterlich sicherem Fundament, von dem aus die Lösung aller Fragen und Zweifel entweder schon gelungen ist, oder doch in sichere Aussicht gestellt werden kann. Und Jeder, dem eine sicher erkannte Wahrheit lieber ist als zehn noch so glänzende Hypothesen, wird sich aufrichtig freuen, dass gerade in der hier bezeichneten Richtung die meisten und tüchtigsten Kräfte thätig gewesen sind.

Doch zu dieser erfreulichen Veranlassung, den Gegenstand wieder aufzunehmen, tritt auch eine betrübende, ja tief beschämende. Wer hätte denken sollen, dass noch im Jahre des Heils Eintausend Achthundert sieben und funfzig es einem Finsterling gelingen sollte, Millionen in Angst und Schrecken zu setzen, nicht etwa unter den Halbbarbaren der Inseln des grossen Oceans, sondern in Ländern die sich der höchsten Bildung des Zeitalters rühmen, und das ohne die allergeringste auch nur scheinbare Veranlassung! Wenn es 1832, beim vorletzten Kometenschreck, noch Leute gab, die den Erdort von der Erdbahn nicht unterscheiden konnten, so möchte dafür noch eine Entschuldigung gefunden werden. Aber jetzt!

Ob diejenigen, welche trotz bessern Wissens die Verbreitung der schamlosen Lüge sich angelegen sein liessen und sie wohl gar dem Volke für heilsam hielten, wirklich eine Ahnung hatten des Frevels, den sie an der Menschheit begingen? Wir glauben das Gegentheil, und so möge denn das Wort vom Kreuze auch für sie gesagt sein: „Vater vergieb ihnen, denn sie wissen nicht, was sie thun!“

Die Zahl der Kometen, deren Bahn mehr oder weniger genau, mindestens in der parabolischen Hypothese, bestimmt werden kann, ist auf 221 angewachsen. Im gegenwärtigen Jahrhundert sind 95 neu erschienen und drei früher schon beobachtete zurückgekehrt. Doch ist dies nicht der einzige Zuwachs: *Peirce, Hind* und andre

Astronomen haben 14 ältere, früher noch nicht berechnete, wenngleich nur in roher Annäherung, bestimmt. Wir können jetzt unsere Ueberschau auf eine doppelt so grosse Zahl ausdehnen als im Beginn unsers Jahrhunderts.

Unter dieser Zahl sind 107 rückläufige und 114 rechtläufige. Vor 60 Jahren zählte *Bode* 50 rückläufige und 49 rechtläufige auf. Das Verhältniss im Ganzen ist also nahezu gleich geblieben. Aber untersucht man die Vertheilung näher, so trifft man auf wesentliche Verschiedenheiten.

Unter den 45 vor Erfindung des Fernrohrs aufgeführten sind 27 rückläufig und 18 rechtläufig, die 176 späteren sondern sich in 80 rückläufige und 96 rechtläufige. Da in der ersten Abtheilung keine teleskopische vorkommen, so liegt hierin schon eine Andeutung, dass grössere und augenfälligere Kometen vorherrschend rückläufige, teleskopische dagegen in der Mehrzahl rechtläufige sind. Und dies bestätigt sich auch, wenn man die Kometen, die ein allgemeineres Aufsehen erregten, vergleicht. — Seitdem das Fernrohr in Gebrauch ist, kommen folgende grosse Kometen vor:

Rechtläufige	Rückläufige	
1618	1664	1759 (*Halley*'s)
1680	1665	1780
1744	1683	1797
1769	1689	1811
1770	1718	1823
1807	1723	1830
1819	1742	1843
1847		

überhaupt 8 rechtläufige, 14 rückläufige.

Dieselbe Verschiedenheit spricht sich noch in einer anderen Richtung aus. Ordnen wir die Kometen nach Abständen in der Sonnennähe, so erhalten wir:

zwischen	Sonne u. Merkur	45	Kometen,	darunter	27	rückl.,	18	rechtl.
„	Merkur u. Venus	66	„	„	40	„	26	„
„	Venus u. Erde	60	„	„	22	„	38	„
„	Erde und Mars	40	„	„	16	„	24	„
„	Mars u. Jupiter	10	„	„	2	„	8	„

Venus bezeichnet also eine Grenze; innerhalb ihrer Bahn fallen 67 rückläufige gegen 44 rechtläufige; ausserhalb derselben 40 rückläufige gegen 70 rechtläufige. Die ersten geben ein Verhältniss 100 : 66; die letztern 100 : 175.

Eine genauere Rechnung bestätigt dies. Es findet sich nämlich überhaupt das arithmetische Mittel aus den Perihelien

bei rückläufigen Kometen = 0,64641,
" rechtläufigen " = 0,83209.

Die Unsicherheit nicht weniger dieser Bahnen hat hier keinen grössen Einfluss; unter allen Elementen ist das Perihel am sichersten zu bestimmen, und die Rechtläufigkeit oder Rückläufigkeit wird fast nie zweifelhaft bleiben.

Wenn wir hier gesehen haben, dass die grossen, augenfälligen, der Sonne nahe kommenden Kometen vorherrschend rückläufig sind, so gehören andrerseits die vollständig berechneten elliptischen Bahnen überwiegend den rechtläufigen an. Wir finden in allem 46 solche Bahnen, von denen 13 auf rückläufige, 33 auf rechtläufige Kometen fallen. Als völlig sicher können nur zwei retrograde Bahnen aufgeführt werden; der mehrmals wiedergekehrte *Halley*'sche und der grosse von 1811; alle andern sind nur mehr oder minder wahrscheinlich elliptisch. Von den 33 rechtläufigen ist dagegen die Mehrzahl so gut verbürgt, dass über die geschlossene Form der Bahn kein Zweifel besteht, und 4 von ihnen sind sichtbar wiedergekehrt. — Alle Umlaufsbahnen unter 75 Jahren gehören rechtläufigen Kometen an; ihre Zahl ist 18 und nur 3 oder 4 von diesen sind einigermassen unsicher.

In allen diesen Verhältnissen kann kein blosser Zufall mehr angenommen werden; und nur der Umstand, dass uns die Alten so wenige und so rohe Ortsbestimmungen hinterlassen haben, trägt die Schuld dass man nicht schon längst auf diese Thatsachen aufmerksam geworden ist. Ihre Erklärung ist nur hypothetisch möglich, doch ist die Hoffnung, auch hier zur Gewissheit zu gelangen, keineswegs aufzugeben.

Eine solche Hypothese ist die folgende:

Nur ein Theil der Kometen gehört unserem Sonnensystem ursprünglich an und entstammt derselben Grundmasse, wie die

Planeten und Planetoiden. Sie sind sämmtlich rechtläufig, fast ausschliesslich nur telescopisch, die Schweife fehlen ganz oder zeigen doch nur eine geringe Entwickelung; ihr Perihel fällt ohne Ausnahme (von der Sonne aus gesehen) jenseits des Merkurperihels; sie haben endlich nur mässig grosse Umlaufszeiten.

Ein anderer und wahrscheinlich grösserer Theil der Kometen gehört nicht ursprünglich unserm Sonnensystem, sondern dem grossen allgemeinen Fixsternsystem an. Sie sind nur einmalige, gleichsam zufällige Besucher unserer Sonne, laufen in allen möglichen Neigungen und Richtungen, daher auch sowohl recht- als rückläufig. Sie sind im Allgemeinen grösser, heller, langgeschweifter, im Uebrigen jedoch ganz eben so nebelhaft und kernlos wie die erste Klasse. Einige sind der Sonne sehr nahe gekommen (die Kometen von 1668, 1843 I. und 1680 blieben von der Oberfläche der Sonne nur resp. 2625, 17092 und 32304 Meilen entfernt) können unter günstigen Umständen selbst am hellen Tage gesehen werden nnd weichen wenig von der Parabel ab.

Kometen dieser letzten Klasse können, wenn sie grösseren Planeten nahe kommen, in eine Bahn gelenkt werden, die sie dem Sonnensystem bleibend einverleibt. So sind wahrscheinlich der *Halley*'sche und der Komet von 1811 erobert worden. Auch Kometen der ersten Klasse werden rücksichtlich ihrer Bahnen durch solche Einwirkungen sehr stark, ja selbst total umgestaltet, wie der von 1770 durch Jupiter zu wiederholten Malen.

Wir geben diese Ansicht, wie im Vorstehenden gesagt, als Hypothese, die schon früheren Zeiten nicht ganz fremd war, in ihrer damaligen Form sich jedoch nicht haltbar zeigte. So modificirt, wie sie hier sich darstellt, hat sie für die Gegenwart die meiste Wahrscheinlichkeit für sich.

Will man dagegen alle Kometen ohne Unterschied dem Sonnensystem bleibend vindiciren (es war dies auch des Verfassers frühere Ansicht), so sind parabolische und hyperbolische Bahnen unzulässig; letztere sind ganz auszuschliessen, erstere nur als Annäherung für den Berechner gestattet. Nun aber haben wir schon neun Fälle, wo der Calcul auf hyperbolische Bahnen geführt hat, und für einen Theil derselben scheint sie unzweifelhaft. Nach Sonnennähen geordnet sind es die folgenden:

1853 IV.	Perihel	0,17268	Excentricität	1,0012289
1847 VI.	„	0,32029	„	1,0001926
1840 I.	„	0,61845	„	1,0002050
1818 II.	„	0,85408	„	1,0116170
1771	„	0,90346	„	1,0093698
1824 II.	„	1,05014	„	1,0017345
1774	„	1,43287	„	1,0282955
1843 II.	„	1,61634	„	1,0001798
1729	„	4,04350	„	1,0050334

Einige von diesen mögen zu wenig verbürgt sein; der grössere Theil aber giebt wirklich einen vollen Ueberschuss der Excentricität über 1. und die Schwierigheit, solche Bahnen dennoch als elliptische zu betrachten, dürfte durch kein Raisonnement mehr gehoben werden können.

Noch eine hierher gehörende Bemerkung ist die Folgende. Nimmt man die (16) Kometenbahnen, deren Ellipticität völlig gewiss ist, und die 10 ähnlichen, wo die Wahrscheinlichkeit der Gewissheit sehr nahe steht (überhaupt 22 rechtläufige und 4 rückläufige) so fallen 17 Perihelien in diejenige Himmelshälfte, deren Polpunkt 59° 22′ 4″ und + 0° 56′ 27″ ist, und nur 9 in die andere Hälfte. Ein nahezu ähnliches Verhältniss zeigen die Planeten: von 58 Perihelien fallen 40 in die erste, 18 in die zweite Himmelshälfte. Berechnet man beide Klassen von Weltkörpern besonders, so convergiren die Perihelien der Planeten überwiegend gegen den Punkt 52° 25′ 7″ und + 0° 57′ 27″; die der Kometen gegen 71° 7′ 20″ und + 1° 7′ 22″. Beide Punkte fallen an der Himmelskugel nahe genug, um nicht einen gemeinschaftlichen für sie setzen zu können; und der gemeinsame Ursprung ist durch diese Coincidenz sehr bestimmt angedeutet. Stellt man dagegen die übrigen Kometen zusammen, so wird eine solche Gemeinsamkeit gänzlich vermisst, die Perihelien fallen unterschiedlos in alle 4 Quadranten nahezu gleich häufig, ohne gegen irgend einen Punkt des Himmels überwiegend zu convergiren; ein gemeinsamer Ursprung ist also für sie nicht angedeutet.

Nur wird es freilich jetzt und noch lange hin nicht möglich sein, die beiden Klassen, ihre reelle Verschiedenheit vorausgesetzt, mit Sicherheit zu trennen; viele Kometen namentlich der früheren Zeit, die unsre Tafeln nur als parabolische aufführen, mögen in

der That elliptisch geschlossen sein. Wir dürfen dies daraus schliessen, dass die Procentzahl der elliptisch berechneten in neuerer Zeit fortwährend zugenommen hat, obgleich die vervollkommnete Theorie unserer Tage auch den älteren Kometen zu Gute kommt, falls nur die Beobachtungen ein genügendes Material liefern. Daran aber fehlt es meistens, und so haben wir

vor 1678	unter 54 Bahnen	keine elliptisch berechnete;	also 0 pCt.
von 1678 bis incl. 1750	= 27 =	4 elliptische,	= 15 =
= 1750 bis 1800	= 43 =	10 ellipt. berechn.	= 23 =
= 1800 = 1857	= 95 =	32 = =	= 34 =

Da nun gar kein Grund vorliegt anzunehmen, dass in Wirklichkeit die elliptisch geschlossenen Bahnen in neuerer Zeit an Häufigkeit zugenommen haben, so folgt, dass mindestens ein Drittel aller Kometen in elliptischen Bahnen läuft. Aber diese Zahl ist sicher noch beträchtlich zu klein, denn viele Kometen, auch der neuesten Zeit, konnten nur einige Tage hindurch und auf einen Bogen von nur wenigen Graden ihres Laufes verfolgt werden, so dass es unmöglich war über die Form des Kegelschnitts zu irgend einer, selbst nur wahrscheinlichen Entscheidung zu gelangen.

In den früheren Hand- und Lehrbüchern unterschied man herkömmlich zwischen Planeten und Kometen so, dass man erstere eine nur wenig elliptische, also dem Kreise nahe stehende Bahn, letztere dagegen eine sehr stark excentrische, der Parabel nahe stehende zuschrieb. In der That zeigte sich, bevor einerseits die Planetoiden, andrerseits die sogenannten innern Kometen bekannt waren, die Lücke zwischen dem am meisten excentrischen Planeten (Merkur mit 0,20) und dem am wenigsten excentrischen Kometen (Halley 0,97) weit genug, um hierin einen wesentlichen, nicht blos graduellen Unterschied zu erblicken. So betrachtete man die Excentricität als das Hauptkriterium, und liess das nebelhafte Ansehen, den Schweif u. dgl. nur als accessorische Kennzeichen gelten. Die Werkzeuge der Beobachter liessen auch über diese letztern Umstände manche Zweifel bestehen; Uranus ward einige Jahre hindurch von *Pingré* und Andern für einen Kometen gehalten; *Piazzi* kündigte seine Ceres den Astronomen zuerst als solchen an und es hat *Bode* nicht wenig Mühe gekostet, den Entdecker selbst über die wahre Natur seines Fundes aufzuklären. Dazu kam, dass

man eine geraume Zeit hindurch von Nebelhüllen sprach, die sich um Ceres und Pallas zeigen sollten, obwohl sie in der That Niemand als der phantasiereiche *Schröter* in seinen wohl lichtstarken, aber schlecht begrenzenden Teleskopen gesehen hatte. Sie sind seit seiner Zeit ganz verschwunden und haben wohl mehr als wahrscheinlich nie existirt.

Aber jene grosse Lücke zwischen 0,20 und 0,97; jene versuchte Unterscheidung zwischen elliptisch und excentrisch — was ist daraus geworden? Seit dem Anfange dieses Jahrhunderts hat sie sich mit jedem Lustrum verengt; Planeten- wie Kometenentdeckungen haben dazu beigetragen, und die folgende Ueberschau wird zeigen, wie viel noch von ihr übrig ist.

Komet von 1852. III.		0,92 Exc.
Encke's Komet		0,85
Biela's	"	0,75
1743 I.		0,72
d'Arrest's	"	0,66
de Vico's	"	0,62
Faye's	"	0,55
1783		0,54
Planet Polyhymnia		0,33
" Virginia		0,29
" Juno		0,26
" Pallas		0,24

Kann man zweifeln, dass die schon auf $\frac{1}{4}$ ihres früheren Betrages reducirte Lücke bald noch mehr zusammenschwinden werde; und darf man sich gestatten, irgend eine willkührlich gewählte Excentricität, etwa $\frac{1}{2}$, als Grenzmarke zu setzen? Ein so unwissenschaftliches, weil arbiträres Verfahren, darf in der Himmelskunde keinen Platz greifen.

Man hat auch wohl die blos zeitweilige Sichtbarkeit der Kometen gegenüber der beständigen unserer Planeten, als Unterschied hervorgehoben. Allein nur sehr wenige der Planetoiden können durch ihren ganzen synodischen Umlauf, oder selbst nur durch den grössten Theil desselben, verfolgt werden. Daphne, Leda, Leucothea und mehrere andere wird man nicht einmal in allen Oppositionen aufzufinden hoffen können, geschweige denn in andern

Aspecten: und doch hat noch Niemand sich veranlasst gefunden, sie deshalb zu den Kometen zu rechnen.

Was also bleibt uns übrig? In der That nichts als was sich unserm Auge unmittelbar sinnlich darstellt. Noch hat keiner der Körper, die nach gemeinsamer Znstimmung der Astronomen als Planeten aufgeführt werden, eine wahre Nebelhülle gezeigt; noch kein Komet ist ohne eine solche gesehen worden. Die Solidität, die scharfe Begrenzung, die bestimmte und unveränderte Gestalt und Grösse constituiren den Planeten: die Nebelhülle, die Unbestimmtheit und Veränderlichkeit der Form und Dimension dagegen den Kometen.

Darauf reducirt sich aber auch alles, was festgehalten werden kann als wesentlicher Unterschied zwischen beiden Weltkörpern im Allgemeinen. Denn Schweife z. B. haben bei Weitem nicht alle Kometen gezeigt, selbst nicht alle mit blossen Augen sichtbaren.

Die Unhaltbarkeit jedes von der Bahnform hergenommenen Unterschiedes zeigt sich am deutlichsten bei den sogenannten innern Kometen. Eine nicht unbeträchtliche Anzahl ausschliesslich rechtläufiger Kometen beschreibt nämlich Laufbahnen, welche die der Planetoiden, bei der Mehrzahl auch die der innern Planeten aufs mannigfachste kreuzen, die Jupitersbahn aber theils gar nicht erreichen, theils sie nur wenig überschreiten. Nach der ersten Erscheinung chronologisch geordnet sind es die folgenden.

		kleinster Abstand	Excentricität	Umlaufszeit	Berechner
*	1678 *Lahire*'s Comet	1,14530	0,626970	5J37920	*Leverrier*
*	1743 I. *Grischow*'s "	0,86155	0,721308	5,43544	*Clausen*
*	1766 II. *Messier*'s 4ter "	0,39898	0,864000	5,03745	*Burckhardt*
	1770 I. *Messier*'s 6ter "	0,67431	0,786839	5,62633	*Leverrier*
	1772 *Biela*'s "	0,86016	0,766201	6,59244	*Plantamour*
*	1783 *Pigott*'s "	1,45439	0,539534	5,61324	*Burckhardt*
	1786 *Encke*'s "	0,33711	0,847787	3,31111	*Encke*
	1819 III. *Pons*' "	0,77364	0,755190	5,61776	*Encke*
	1819 IV. *Blanpain*'s "	0,89256	0,686746	4,80860	*Encke*
	1843 III. *Faye*'s "	1,69996	0,555019	7,45444	*Leverrier*
	1844 I. *de Vico*'s "	1,18640	0,617654	5,46589	*Brünnow*
	1846 III. *Brorsen*'s "	0,62061	0,802313	5,58129	*d'Arrest*
	1851 II. *d'Arrest*'s "	1,17398	0,660881	6,44118	*d'Arrest*

Die mit * bezeichneten sind theils nicht ganz sicher, theils vermuthet man eine Identität mit später aufgeführten. Aber die so nahezu gleichen Umlaufszeiten (und folgerichtig auch mittleren Abstände) verdienen Beachtung. Das Mittel der Umlaufszeiten ist 5,56649 (5 Jahr $206\frac{4}{5}$ Tage) oder, wenn man den *Encke*'schen und *Faye*'schen Kometen, als die am meisten ausweichenden, ausschliessen will, 12 Tage mehr. Sieben unter diesen 13 Perioden fallen zwischen 5 Jahr 139 Tage und 5 Jahr 229 Tage, so dass der Spielraum für sie nur 90 Tage beträgt. Es ist nun wohl gewiss, dass bei Kometenbahnen die aus Einer Erscheinung berechnet werden, der Fehler der Umlaufsperiode auf ganze Jahre steigen kann. Aber das so nahe übereinstimmende Resultat bei so vielen Kometen, deren fünf durch ihre der Vorausberechnung gemäss erfolgte Wiederkehr den Calcül bestätigt haben, wäre der allerunwahrscheinlichste Zufall, wenn man an der reellen Uebereinstimmung zweifeln wollte. Es kommt noch hinzu, dass auch die Neigungen gegen die Ekliptik im Allgemeinen nicht stärker als bei den Planetoiden sind. Nur eine (die des Kometen von 1783) überschreitet die der Pallasbahn und steigt auf 44°50′.

Die kleinste Umlaufszeit eines innern Kometen (*Encke's* 1208 Tage) coincidirt fast mit der kleinsten eines Planetoiden (Ariadne 1191 Tage) Stärker weichen die entgegengesetzten Extreme ab: *Faye's* Komet mit 2722 Tagen übertrifft den äussersten der Planetoiden (48) um 535 Tage. Doch ist es wohl gewiss, dass unsre Kenntniss dieser Körper noch sehr lückenhaft ist.

Der Komet von 1770 war der erste, dessen kurze Umlaufszeit bekannt wurde. *Lexell* und andere gleichzeitige Astronomen fanden sie im Wesentlichen so wie sie gegenwärtig bestimmt ist. Die Frage, weshalb man ihn nicht früher gesehen, beantwortete sich auf sehr unerwartete und eigenthümliche Art. *Burckhardt* fand nemlich, dass er 1767 dem Jupiter sehr nahe gekommen war, und dass er erst durch diesen in eine Bahn gelenkt worden, in welcher er der Erde sichtbar werden konnte. Die frühere war so beschaffen, dass er uns nie zu Gesicht kommen konnte. Nachdem der Komet in dieser neuen Bahn zwei Umläufe zurückgelegt, kam er 1779 abermals in Jupiters Nähe und erlitt eine zweite, noch stärkere Umformung der Bahn, die ihn von uns entfernt hält. — *Leverrier* hat die Rechnungen neuerdings genau untersucht und findet das

Burckhardt'sche Resultat im Allgemeinen bestätigt. Nur in Bestimmung der Bahn seit 1779 weicht *Leverrier's* Resultat vom *Burckhardt*'schen darin ab, dass sich jetzt zeigt, ihre vollständige Bestimmung sei nicht möglich. Eins der Elemente muss willkührlich angenommen werden, und nach einer solchen Annahme kann man die übrigen fünf bestimmen. So ist ein Kriterium gegeben, durch welches der Komet künftig, falls er einst wieder in die Erdnähe kommen sollte, als der von 1770 erkannt werden kann. Bei jedem neuen Kometen, der sich als ein innerer verrieth, war deshalb die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, ob er mit dem *Lexell*'schen identisch sei, doch noch bei keinem hat sich bis jetzt die Muthmassung bestätigt.

Auch der kürzlich sichtbar wiedergekehrte *Brorsen*'sche Komet beschreibt einen Lauf, der ihn in eine gefährliche Nähe dieses Hauptstörers des Sonnensystems bringt, und in Zukunft seine Bahn eben so wie die des *Lexell*'schen (nach dem ersten Berechner so genannt *) total verändern könnte. Sind die Rechnungen über ihn erst vollständig durchgeführt, so wird sich wahrscheinlich entscheiden lassen, ob ihm, wie Einige angegeben, im Anfang des 20. Jahrhunderts diese Katastrophe bevorsteht.

Wenn bei einem Kometen von 5 bis 6 Jahren Umlaufszeit das Perihel so gelegen ist, dass er der Erde sichtbar werden kann, so muss sein Aphel (der Fall einer zu grossen Neigung und entsprechender Lage des Knotens abgerechnet) ihn in die Nähe der Jupitersbahn führen. Nun wird freilich Jupiter selbst nicht nothwendig an dieser Stelle seiner Bahn stehen, wenn der Komet passirt. Aber bei incommensurablen Perioden wird es irgend einmal geschehen und sobald eine genaue Vorausberechnung auf entfernte Zeiten hin möglich ist, wird man diesen Zeitpunkt und die dann stattfindende Stellung des Kometen zum Jupiter bestimmen, die dieser entsprechende Wirkung berechnen, und so eine Geschichte des Kometen vor wie nach seiner Erscheinung schreiben können. Nur die Kürze der Zeit, welche *Messier's* Beobachtungen umfassen, hat *Leverrier* verhindert, eine solche Geschichte des *Lexell*'schen zu schreiben.

*) Auch *Encke's* Komet ist nicht von *Encke,* sondern von *Méchain* und *Caroline Herschel* zuerst gesehen, von ihm aber zuerst als periodischer Komet erkannt und berechnet worden.

Andre Planeten und unsre Erde selbst wirken zwar auch auf den Kometen; doch kann von keinem andern eine so gänzliche Umgestaltung eines der innern Gruppe angehörenden ausgehen. Saturn bleibt zu entfernt, die übrigen aber sind nicht massenhaft genug, um selbst in grosser Nähe so bedeutende Wirkungen auszuüben.

Es wäre nun gar nicht unmöglich, dass alle hierher gehörende Kometen ihre gegenwärtige Weltstellung durch Jupiter erst erhalten hätten und hiernach scheint es, als bedürfe es gar keiner besondern Annahme über ihre primitive Entstehung. Allein so ganz ohne Vorbehalt kann man dies doch nicht zugeben. Auch nach der stärksten Störung kann doch nicht alle und jede Aehnlichkeit der früheren und späteren Bahn verschwinden. Ein Punkt bleibt beiden nothwendig gemeinsam; aber auch die Aenderungen der Elemente sind nicht alle gleich stark. Es ist besonders die Umlaufszeit, welche so bedeutend geändert wird. Namentlich aber kann kein rechtläufiger Komet dnrch irgend welche Störung zum rückläufigen werden und umgekehrt. Da nun die innern Kometen gegenwärtig alle rechtläufig sind, so sind sie dies auch stets gewesen, und so war nicht jeder beliebige im Weltenraum vorhandene Komet befähigt, ein Glied der innern Gruppe zu werden. Wären also solche totale Umgestaltungen die alleinige oder doch hauptsächlichste Ursache der gegenwärtigen Stellung dieser Gruppe, so würde erwartet werden müssen, eben so wie bei dem grossen Heere der übrigen Kometen, auch bei ihnen alle Neigungen in recht- und rückläufiger Bewegung repräsentirt zu finden, was augenscheinlich nicht der Fall ist.

Doch wir haben hier noch einer Umgestaltung zu gedenken, bei der notorisch keine Planetenstörung, keine Collision noch sonst eine ähnliche Veränderung, so viel uns bekannt ist, mitgewirkt hat — die Theilung des *Biela*'schen Kometen in zwei gesonderte. Unter allen noch so monströsen Wundergeschichten und abentheuerlichen Beschreibungen, von denen die alten Kometographien strotzen, reicht keine einzige an diesen eben so unerhörten als unerklärlichen Vorgang. Der seit 1772 wahrgenommene, seit 1826 als periodisch erkannte *Biela*'sche Komet kehrte im Novbr. 1845, der Vorausberecheung gemäss, zum fünften Male sichtbar wieder; sieben Male war er in der Zwischenzeit uns unsichtbar, wenigstens un-

beachtet, zum Perihel zurückgekehrt. Bis zu Ende des Jahres zeigte sich nichts besonderes, ausser dass seit dem 19. Decbr. der sogenannte Kern etwas länglicht und gleichsam birnförmig erschien. Im Anfang Januar wurde an mehreren Orten wahrgenommen, dass statt eines hellen Punktes im Kopfe des Kometen sich zwei zeigten, deren Entfernung von einander beständig zunahm. Bald hatte sich auch der Schweif und die übrige Masse getheilt und es standen zwei vollständige Kometen da, dicht neben einander fortrückend. Sie erschienen in allen Beziehungen einander durchaus ähnlich. Die Richtungslinie der beiden Köpfe zu einander stand senkrecht zur Richtung der Schweife, die einander ganz parallel erschienen. *Maury* in Washington bemerkte anfangs einen schwachen Lichtbogen, von einem Kopfe zum andern laufend. Die Entfernung wuchs anfangs rasch, später langsamer bis zu 15 Minuten. Indess hat *Littrow* durch Rechnung gefunden, dass vom 10. Februar bis 22. März die Distanz fast nur scheinbar, in Wirklichkeit sehr wenig (von 32500 bis 34000 Meilen) zugenommen hatte. Anfangs war der vorangehende entschieden schwächer und auch etwas kleiner als der folgende; am 10. Februar waren beide gleich hell; am 13. der vorangehende heller; am 18. aber hatte der nachfolgende sein früheres Uebergewicht wieder erhalten. Am 16. April, dem Tage der letzten Beobachtung, konnte man den schwächeren vorangehenden so eben noch unterscheiden.

Die nächste Wiederkehr 1852 erfolgte unter Umständen, die für die Sichtbarkeit von der Erde aus sehr ungünstig waren. Dennoch gelang es *Secchi* in Rom, am 25. August den helleren, und am 15. September auch den schwächeren der beiden Theile des Doppelkometen wieder aufzufinden. Auch in Pulkowa, Cambridge und Berlin gelang die Wiederauffindung, überall aber konnten nur sehr wenige Beobachtungen erhalten werden. Der Abstand war bis auf 300000 Meilen angewachsen.

Im Sommer 1859 wird er etwas besser zu Gesicht kommen, wenigstens für mässige geographische Breiten; sehr günstig wird dagegen die zweitnächste Wiederkehr im Winter auf 1866 sein. Uebrigens steht jetzt schon ziemlich fest, dass jeder der beiden Kometen seinen gesonderten Lauf beschreibt, und dass sich über eine Einwirkung des einen Kometen auf den andern noch nichts Bestimmtes gezeigt hat.

Wir müssen es als ein eigenthümliches Glück betrachten, dass der denkwürdige Vorgang sich ereignete, als der Komet der Erde am besten sichtbar war. Jahrzehende vor und nachher steht er nicht so günstig, als im Anfang des Jahres 1846, und grade damals bot sich uns dieses Schauspiel.

Noch eine zweite Gruppe von periodischen Kometen kann hervorgehoben werden, in der die mittlere Umlaufszeit zu der der ersten Gruppe sich etwa wie das Jahr zum Monat verhält. Allein ausser diesen ähnlichen Umlaufszeiten findet sich nur wenig Gemeinsames; die Neigungen sind zum Theil sehr beträchtlich und einer ist sogar rückläufig. Der Zeitfolge der Erscheinung nach sind es die folgenden:

	Kleinster Abstand	Mittlerer Abstand	Excentricität	Umlaufszeit
Halley's Komet (7 Erscheinungen von 1378—1835)	0,58656	17,98750	0,96739	76ʲ288
Pons' 1812	0,77141	17,09546	0,95454	70,684
Olbers' 1815	1,21286	17,63383	0,93212	74,049
de Vico's 1846 IV.	0,66365	17,50550	0,96209	73,2421
Brorsen's 1847 V.	0,48786	17,79486	0,97256	74,9683
Westphal's 1852 III.	1,24954	15,04280	0,91693	58,3436.

Schliesst man den letzten aus, so wird 73ʲ846 als mittlere Umlaufszeit erhalten. Am besten ist unter ihnen, ausser dem *Halley*'schen, der *Olbers*'sche von 1815 bekannt geworden durch *Bessel's* gründliche Untersuchungen. Er findet, dass die nächste Wiederkehr zum Perihel am 9. Februar 1887 Statt haben wird. Ohne Beachtung der Störungen würde man ihn 1889 den 14. Mai erhalten; der Lauf wird in Folge der Planeteneinwirkung um 825 Tage beschleunigt. Seine Stellung zur Erde wird noch günstiger als 1815 sein, wo man ihn 6 Monate lang beobachten konnte; wir haben demnach gegründete Aussicht, ihn nach 29 Jahren in die Klasse der sichtbar wiedergekehrten Kometen einreihen zu können. Möge recht vielen unserer Leser der Anblick dieses Kometen, der hoch gegen das Zenith emporsteigen und senkrecht über den Gräbern seines Entdeckers und Berechners culminiren wird, zu Theil werden!

Zwischen dem *Westphal*'schen (58ʲ) und dem *Faye*'schen (7ʲ) ist bis jetzt nur eine zwischenliegende Bahn mit Sicherheit ge-

funden worden. Es ist die des 3ten Kometen von 1790, der im Jahre 1858 von *Tuttle* und *Bruhns* wieder entdeckt wurde, und in der Zwischenzeit fünf Umläufe gemacht hat. Für einen Kometen, den 6ten des Jahres 1846, von *C. H. F. Peters* entdeckt, findet *d'Arrest* eine Umlaufszeit von 16 Jahren; allein die Beobachtungen umfassen nur 25 Tage und umschliessen das Perihel nicht, denn sie beginnen erst 26 Tage nach demselben. Ohne der Sorgfalt und Geschicklichkeit des Rechners zu nahe zu treten, kann man doch unter diesen Umständen der angegebenen Umlaufszeit nur ein sehr bedingtes Vertrauen schenken.

Auch jenseits der zweiten Gruppe findet sich ein bedeutender Raum, dem keine bekannte Kometenbahn, ihrem mittleren Abstande nach, angehört. Auch ist bei den auf mehrere Jahrhunderte oder Jahrtausende sich erstreckenden Perioden nur selten eine hinreichende Gewähr für das Resultat zu geben. Auch der am besten bestimmte Komet von grosser Umlaufszeit (der von 1811, I.) lässt für seine 3066 Jahr eine Ungewissheit von 44 Jahr übrig, und die Störungen bis zum nächsten Umlauf betragen (beschleunigend) 177 Jahr.

Bei der zur Zeit noch mässigen Anzahl dieser Bahnen mögen sie hier, nach Umlaufszeiten geordnet, folgen.

Jahr	Mittlere Entf.	Umlaufszeit	Berechner
1683	33,08	189 Jahr	*Clausen*
1857,4	38,05	235	*Möller*
1840,4	49,12	344	*Götze*
1843,1	52,09	376	*Hubbard*
1846,6	54,42	401	*Wichmann*
1793,2	56,24	422	*d'Arrest*
1853,2	85,08	785	*G. Rümker*
1811,2	91,51	874	*Nicolai*
1854,5	99,85	998	*Adam*
1807	143,86	1725	*Bessel*
1769	163,46	2090	*Bessel*
1840,2	180,38	2423	*Loomis*
1827,3	189,62	2611	*Clüver*
1846,1	194,90	2721	*Jelineck*
1811,1	211,02	3066	*Argelander*

Jahr	Mittlere Entf.	Umlaufszeit	Berechner
1763	217,41	3206 Jahr	*Lexell* *
1825,4	267,94	4386	*Hansen* *
1822,4	309,55	5449	*Encke*
1857,6	335,42	6143	*Auwers*
1845,3	396,66	7900	*d'Arrest*
1849,3	412,29	8371	*d'Arrest*
1680	427,64	8843	*Encke* *
1855,3	448,94	9512	*Hoek*
1847,1	489,14	10818	*Hornstein*
1830,1	1506,38	58466	*Mayer* *
1780,1	1787,92	75600	*Clüver* *
1844,2	2183,74	102047	*Plantamour.*

Die mit * bezeichneten sind als sehr ungewiss zu bezeichnen, trotz der sehr grossen Sorgfalt der Berechner. Ueberhaupt müssen alle in die Tausende reichenden Umlaufszeiten, der von 1811,1 vielleicht ausgenommen, nur als rohe Annäherungen gelten, über die aber gleichwohl die Gegenwart nicht hinauskann. So setzt *Plantamour* die Ungewissheit der ungeheuren von ihm berechneten Umlaufszeit für 1844,2 auf 3090 Jahre, sie kann aber leicht noch weit grösser sein, denn wie Vieles, was uns ganz unberechenbar ist (wie beispielsweise in einer Entfernung von der Sonne = 90000 Millionen Meilen die Störungen der nächsten Fixsterne) muss hier noch in Anschlag gebracht werden!

Eine interessante Ueberschau gewähren in den heutigen Kometentafeln die Namen der Entdecker von *Aristoteles* bis *Klinkerfues*. Alle 5 Erdtheile haben participirt; Europa natürlich für die grosse Mehrzahl. Vom regierenden Fürsten (*Wilhelm I.* von Hessen) bis zum Bauersmann (*Palitzsch* in Prohlis bei Dresden) sind alle Stände vertreten, nicht selten begegnet man Namen die ganz ausserhalb des Kreises der Astronomen stehen (ein böhmischer Zwirnhändler, ein Leipziger Kaufmann u. s. w.) Drei Damen (*Caroline Herschel* mit 9 Kometen, von denen ihr bei 7 die Priorität verblieb, Madame *Rümker*, die Gattin des Hamburger Astronomen, und *Maria Mitchell* auf der unter ihrer Direktion stehenden Sternwarte Nantuket) zieren die Liste mit ihren Entdeckungen; auf einzelne Namen (wie *Messier* und *Pons*) kommen eine auffallend grosse An-

zahl von Kometen. Doch grade die berühmtesten Namen werden vermisst: *Arago*, die beiden *Herschel*, *Bessel*, *Gauss* u. s. w.; was freilich nur denen auffallend sein wird, die von allen Arbeiten des Astronomen nur die Entdeckungen neuer Weltkörper kennen und beachten. — Der früheste Berechner ist *Halley;* von seinen 24 Bahnen sind 13 später umgerechnet und verbessert worden. Ausser ihm sind als Begründer neuer Methoden und Verbesserung bereits bekannter, namentlich *Newton*, *Euler*, *Lambert*, *Olbers*, *Gauss* u. a. namhaft zu machen.

Was schliesslich die Beschaffenheit der Kometen betrifft, so haben die neuern Wahrnehmungen im Allgemeinen nur bestätigt, was schon früher als Thatsache galt, die fast gänzliche Masselosigkeit und folglich auch Unwirksamkeit derselben. Zu den früher bereits geltend gemachten Gründen kommt noch die Theilung des *Biela'*schen Kometen hinzu; es hat sich nicht die mindeste Wirkung des einen Theils auf den andern, nach der Trennung auffinden lassen. Bei einer nur etwas erheblichen Dichtigkeit, z. B. der unsrer atmosphärischen Luft, hätte der kleinere den grössern als Trabant umkreisen müssen.

Auf ein merkwürdiges, bisher fast ganz übersehenes Verhältniss hat *Boguslawsky* aufmerksam gemacht: bei einem sonnennahen und langgeschweiften Kometen (wie dem von 1843, März) ist die Bewegung des äussersten Schweifendes eine so ungeheure, dass sie sich gar nicht mit dem *Kepler'*schen Gesetz verträgt. Der Schweif bei dem genannten Kometen war auf mindestens 25 Millionen Meilen zu verfolgen. Der Kometenkern, nur etwa eben so viele tausend Meilen von der Oberfläche der Sonne entfernt, umlief ihre Hälfte in 3 Stunden. In dieser Zeit musste die Schweifspitze gegen 80 Millionen Meilen zurücklegen, was eine Geschwindigkeit von mehr als 7000 Meilen in der Sekunde macht; über hundert mal mehr, als der Kopf in gleicher Zeit. Wie ist das Dilemna zu lösen? *Boguslawsky* glaubt, nur dadurch, dass man annehme, der Schweif sei eine blos optische Erscheinung, dem eine materielle Realität nicht zukomme.

Indem wir es hier versuchen wollen, einer solchen Annahme die physische Möglichkeit zu vindiciren, bemerken wir zuvörderst, dass jedenfalls nicht alle Kometenschweife und nicht alles am Kometenschweif so erklärt werden könne; und dass die von *Bogus-*

lawsky hervorgehobene Schwierigkeit überhaupt nur für wenige Kometen besteht. Dass der Komet in allen seinen Theilen durchsichtig sei, steht längst fest. Aber noch mehr, nach einigen Wahrnehmungen scheint der Komet wie ein Collectivglas zu wirken und das hindurchgehende Licht zu verstärken. *Piazzi* bestimmte den Ort eines Sterns, den er durch den Kometen hindurch sah und 9ter bis 10ter Grösse schätzte. Als er später, nachdem der Komet in einer andern Himmelsgegend stand, die Beobachtung wiederholen wollte, fand er nur mit grosser Mühe den Stern wieder auf und musste ihn 12ter Grösse schätzen. Der Komet hatte also den Stern besser sichtbar gemacht; der von ihm ausgehende Lichtstrahl war nach dem Durchgange intensiver als vorher. Wenn andere Astronomen und der Verfasser selbst wahrgenommen haben, dass ein Stern auf dem Kometennebel projicirt, an Glanz nichts einbüsste, so scheint dies auch nur dadurch möglich, dass er in Wirklichkeit sich um so viel verstärkte, als der Unterschied zwischen dem Schimmer des Kometen und dem schwarzen Himmelsgrund beträgt. Denn ausserdem müsste er aus dem gleichen Grunde schwächer erschienen sein, aus dem wir in der Dämmerung den Stern schwächer erblicken als in voller Nacht.

Ein solcher Komet wird nun gleichfalls das hindurchgehende Sonnenlicht verstärken, und befinden sich im Raume irgend welche materielle Theilchen, aber zu schwach, um das gewöhnliche Sonnenlicht für uns sichtbar zu reflektiren, so können sie da, wo dies verstärkte Sonnenlicht hintrifft, möglicherweise für uns sichtbar werden. So kann sich auf der von der Sonne abgewandten Seite ein optischer Schweif bilden, für den sich ein Analogen darbietet in dem Staube eines Zimmers, sichtbar gemacht durch einen durch die Lücke eines Fensterladens dringenden Sonnenstrahl.

Dies soll, wie gesagt, die Möglichkeit eines blos optischen Kometenschweifs klar machen, keineswegs jedoch der Folgerung Raum geben, dass alle oder selbst nur die meisten Kometenschweife in dieser Weise zu fassen sind. Die Doppelschweife, die gekrümmten oder von der normalen Richtung zuweilen ziemlich stark abweichenden Schweife und viele andere Erscheinungen vertragen eine solche Erklärung nicht. Räthselhaft wird uns dies und vieles Andere bei diesen Weltkörpern noch lange, ja vielleicht immer

bleiben, und so sind Erklärungsversuche wie die angeführte *Boguslawsky*'sche dankens- und beachtenswerth, obgleich sie, was von keiner Erklärung hier zu erwarten ist, nicht alle Fragen und Zweifel erledigen und aufheben.

Die Sichtbarkeit bei Tage, von der schon in älteren Zeiten (bei den Kometen von 389, 1106, 1402, 1532, 1577, 1744) die Rede gewesen ist, hat man verschiedentlich bezweifelt und auf Rechnung der freilich sehr argen Uebertreibungen gesetzt. Die letzten 18 Jahre aber haben uns 3 Kometen zugeführt, von denen einer (1843, März) am Mittage an mehr als 30 Orten mit blossem Auge gesehen worden ist, zwei andere, von 1847 (von *Hind*) und 1853 (von *Schmidt*) mit Fernröhren am Tage aufgefunden und beobachtet wurden. Hiernach zu urtheilen scheint ein solcher Glanz nicht so ganz selten vorzukommen. Der 1843er ward nur an Einem Tage (den 28. Februar), der von 1847 I. gleichfalls nur am Tage des Perihels neben der Sonne gesehen; der von 1853 aber mehrere Tage hindurch so beobachtet. Einmal aufmerksam geworden, wird man bei helleren Kometen die Versuche absichtlich veranstalten und wir über die merkwürdige Thatsache genauere Aufschlüsse erhalten.

So schreitet, langsam aber sicher, unsere Kunde dieser Körper vorwärts. Allmählich lichtet sich ein Dunkel, in dem man Jahrtausende lang fast nur gespenstische Formen zu erblicken wähnte, und die Wissenschaft, die niemals still stehen kann, wird kein Decennium vorübergehen lassen ohne neue Belehrung zu gewähren.

Ueber die Eigenbewegungen der Fixsterne,

mit Bezug auf Herrn Staatsrath *Mädler*'s Hypothese der Bewegung der Sterne um Alcyone als Centralsonne.

Vom Herausgeber.

Zu den wichtigsten Folgerungen aus den astronomischen Beobachtungen des letzten Jahrhunderts gehören ohne Zweifel diejenigen, die sich auf die Gesetze der Bewegungen der Fixsterne beziehen. Ausser dem wissenschaftlichen Interesse, welches die Erforschung dieser Gesetze in vielen andern Beziehungen darbietet, ist ihre Kenntniss auch auf die Ermittelung der Bewegung der Körper unsers Sonnensystems nicht ohne Einfluss. Die Oerter der letztern werden nämlich durch die Beobachtungen auf die Oerter von Fixsternen bezogen. Für viele, insbesondere jedoch für die hellern Fixsterne ist die Lage an der Himmelskugel zu verschiedenen Zeitepochen durch Beobachtung bestimmt. Wird nun aus solchen Beobachtungen der Ort eines Sterns für irgend eine von den Observationsepochen verschiedene Zeit durch Rechnung abgeleitet und bleiben bei dieser Ableitung Bewegungen, die dem Fixsterne eigenthümlich sind, unberücksichtigt, so erhält man nicht nur den Ort des Fixsterns fehlerhaft, sondern auch den eines Körpers unsers Sonnensystems der auf ihn bezogen ist.

Es zeugt daher von einer Unkunde der Verbindungen, in welchen die verschiedenen Theile der Astronomie zu einander stehen, wenn, wie es in neuerer Zeit zum Theil geschehen ist, die Ansicht ausgesprochen wird, es sei vor's Erste viel wichtiger die Bewegung der Körper unsers Sonnensystems zu erforschen als die der Fixsterne.

Auf den folgenden Blättern werde ich die allgemeinen Gesetze, welche in Bezug auf Bewegungen der Fixsterne bis jetzt gefunden

oder von einzelnen Astronomen angenommen sind, zusammen stellen, und insbesondere diejenigen ausführlich hier erörtern, welche Herr Professor *Mädler* aufgestellt hat.

Da ich wohl nicht voraussetzen darf, dass allen Lesern dieses Aufsatzes gegenwärtig ist, auf welche Weise die Lage eines Fixsterns an der Himmelskugel angegeben wird, so bemerke ich, dass solches analog dem Verfahren geschieht, nach welchem die geographische Lage eines Orts auf unserer Erde bestimmt wird, nämlich durch die in Graden und Theilen eines Grades ausgedrückte Länge des Bogens, welche an der Himmelskugel vom Sterne senkrecht zu einem grössten Kreise derselben gedacht wird, und durch die Länge des Bogens auf letzterm Kreise, der zwischen dem Fusspuncte jenes Perpendikels und einem zum Anfangspunct gewählten Puncte liegt. — Zu jenem grössten Kreise wählt man gegenwärtig meistens die Linie, längs welcher die verlängerte Ebene des Aequators unserer Erde die Himmelskugel schneidet und die der Aequator der Himmelskugel genannt, wird und zu dem Anfangspunkt einen der beiden Puncte, in welchen die Bahn des Mittelpuncts der Sonne, wie sie uns an der Himmelskugel erscheint den Aequator schneidet, und zwar denjenigen Punct, in welchem die Sonne den Aequator im Frühling trifft. — Der perpendiculäre Bogen, der auf dem durch einen Stern zum Aequator senkrecht geführten grössten Kreise, dem Declinationskreise, zwischen dem Stern und dem Aequator enthalten ist, wird die Declination des Sterns, und der in einer der täglichen Bewegung der Sterne entgegengesetzten Richtung genommene Bogen zwischen dem Frühlingspunct und dem erwähnten Declinationskreise, wird die Rectascension des Sterns genannt. In frühern Zeiten wurde die Lage eines Gestirns nicht auf den Aequator, sondern auf die scheinbare Bahn der Sonne, die Ekliptik bezogen und bisweilen geschieht dieses auch noch. Alsdann heisstder Bogen, der vom Sterne aus senkrecht auf die Ekliptik geführt wird, die Breite, und der Abstand des Fusspunctes dieses Bogens vom Frühlingspuncte, die Länge des Sterns.

Für einen und denselben Stern verändern sich im Laufe der Zeit sowohl die Rectascension und Declination, als auch die Länge und Breite. So ist z. B. für den Anfang des Jahrs 1755 die Rectascension des Sirius nach *Bradley*'s Beobachtungen = 98° 35′ 14″7, die Declination = 16° 23′ 53″8 südlich; für 1822,5, nach *Bessel*'s

Beobachtungen, die Rectascension desselben Sterns = 99°19′51″3, die Declination 16°28′48″4 südlich. Der grösste Theil dieser Veränderung entsteht dadurch, dass die Kreise, auf welche der Ort eines Sterns bezogen wird, der Aequator und die Ekliptik, ihre Lage an der Himmelskugel, im Laufe der Zeit verändern. Die Veränderungen des ersten Kreises sind eine Folge von fortschreitenden und periodischen Rotations-Bewegungen der Erdachse; die Veränderungen der Ekliptik entsprechen den Aenderungen der Lage der Ebene, in welcher die Erde sich um die Sonne bewegt, und sind eine Folge der Einwirkungen der Planeten auf die Erde und auf die Sonne.

Ausser den so eben erwähnten Veränderungen der Coordinaten eines Sterns, die nur eine Folge der Beweglichkeit der Linien und Puncte sind, auf welche man sie bezieht, sind in der neuern Zeit auch Veränderungen in den Fixsternörtern wahrgenommen, die von der Beweglichkeit der Coordinaten-Linien unabhängig sind und die den eigentlichen Gegenstand dieses Artikels bilden werden.

Die wahrgenommenen Ortsveränderungen der Sterne sind theils scheinbare, die von der Bewegung der Erde und von der Beschaffenheit des Mediums, durch welche wir sie erblicken, abhängen und auch stattfinden würden, wenn die Fixsterne im Raume unbeweglich wären, theils sind sie Folge wirklicher Bewegungen der Sterne. Zu den Ortsveränderungen der ersten Art gehören die Parallaxe der Fixsterne und ihre Aberration. Ueber diese Erscheinungen gedenke ich später Mittheilungen in dieser Zeitschrift zu machen und wende mich gegenwärtig zu denen der wirklichen Bewegungen der Sterne im Raume.

Das Verfahren, zur Kenntniss der Eigenbewegung eines Sterns, wie sie uns erscheint, zu gelangen, besteht darin, das man die zu verschiedenen Zeiten beobachteten Rectascensionen und Declinationen derselben von dem Einflusse der Refraction, Aberration und Parallaxe, wenn letztere bekannt ist, befreiet, und mit Hülfe der bekannten Bewegungen des Aequators und der Ekliptik auf die für eine und dieselbe Zeitepoche geltende Lage dieser Coordinaten-Linien bringt. Die nachbleibenden Verschiedenheiten in den auf solche Weise auf dieselbe Zeitepoche reducirten Oertern sind zum Theil Folge unvermeidlicher Beobachtungsfehler, sowie der Fehler der benutzten Rechnungselemente. Denn da

die letztern, z. B. diejenigen, welche die Bewegungen des Aequators und der Ekliptik darstellen, numerisch nur mit Hülfe von Beobachtungen bestimmt werden können, und letztere im Allgemeinen nie ganz frei von Fehlern, (worunter wir jede Discrepanz der Beobachtungen verstehen, deren Ursache uns unbekannt ist) sind, so müssen auch sie nothwendig mit Fehlern behaftet sein. Der Betrag dieser Fehler lässt sich zwar nie genau angeben, allein meistens lässt sich mit beträchtlicher Sicherheit der Grad von Wahrscheinlichkeit bestimmen, dass derselbe eine gewisse Grösse nicht übersteige, folglich auch die Wahrscheinlichkeit, dass eine gefundene Abweichung der Beobachtung andern Ursachen als den Fehlern derselben beizumessen sei. Die frühesten Beobachtungen, welche man auf solche Weise mit neuern vergleichen kann, sind die von *Bradley*. Die Beobachtungen seiner Vorgänger, sowohl in England als auf dem Continent, sind so sehr viel ungenauer, dass sie meistens gar nicht in Betracht kommen können. *Bessel* hat aus den Originalbeobachtungen *Bradley's* einen Catalog der Rectascensionen und Declinationen von 3222 Sternen für den Anfang von 1755 abgeleitet. Reducirt man nun, in der vorhin angedeuteten Weise, die Oerter dieses Catalogs auf die Epoche einer neuern Beobachtungsreihe, z. B. auf die *Piazzi'sche*, die auf 1800 fällt, so sind für viele Sterne die übrig bleibenden Differenzen so gering, dass sie aus den Fehlern der Beobachtungen und der Reductions-Elemente noch erklärt werden können. Für eine grosse Anzahl von Sternen zeigen sich aber auch grössere Abweichungen, als dass sie diesen Fehlern beigemessen werden könnten. Bei dem Sterne 61 im Schwane z. B., der als der erste Stern, dessen Entfernung von uns mit Sicherheit bestimmt worden, sehr bekannt geworden ist, beträgt die Ortsveränderung in einem Jahre mehr als 5 Secunden, so dass er im Laufe von ungefähr 350 Jahren unter den benachbarten Sternen von geringer Eigenbewegung an der Himmelskugel einen Weg zurücklegt, welcher dem scheinbaren Durchmesser des Mondes gleich kommt.

Vergleicht man die zu mehr als zwei Zeitepochen angestellten Beobachtungen mit einander, so findet man, dass für eine grosse Anzahl derselben, die Eigenbewegungen sich durch die Annahme erklären lassen, dass die Sterne sich im Raume mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit in gerader Linie bewegen. Ausser dieser

gleichförmig fortschreitenden Bewegung haben viele Sterne noch periodische Bewegungen, die denen der Planeten oder Cometen um unsere Sonne analog sind. Die letztern zeigen sich insbesondere bei den Doppelsternen. Durch diese Benennung werden bekanntlich Sternpaare oder Vereinigungen mehrerer Sterne bezeichnet, die in Fernröhren gesehen nur um wenige Secunden, zum Theil nur um einen kleinen Theil einer Secunde, von einander entfernt sind. — Einzelne derselben erscheinen nur deshalb nahe beisammen, weil sie sich nahezu in derselben Richtung von uns befinden, obgleich sie im Raume weit von einander entfernt sind. Die meisten sind jedoch wirklich verhältnissmässig nahe beisammen und wirken durch gegenseitige Anziehungen auf einander ein. Zur Unterscheidung werden die Doppelsterne der ersten Art optische, die der zweiten physische genannt.

Die Kräfte, durch welche die Bewegungen aller Körper im Weltraume geregelt werden, sind nach *Newton* folgende:

1) Jedes materielle Atom zieht jedes andere mit einer Kraft an, die der Masse des erstern direct und dem Quadrate der Entfernung vom angezogenen umgekehrt proportional ist.

2) Jedem Körper im Weltraume ist unabhängig von den Anziehungskräften, die auf ihn wirken, noch eine Geschwindigkeit mitgetheilt, von deren Stärke und Richtung die Form und Lage der Bahn mit abhängt, die der Körper beschreibt.

Newton konnte von diesen Grundsätzen, zu deren Entdeckung er durch die Erforschung der Ursachen der *Keppler*'schen Bewegungsgesetze gelangt war, bei dem damaligen Zustande der Astronomie, nur eine Anwendung auf die Körper unsers Sonnensystems machen. Ihre Richtigkeit hat sich jedoch nicht allein für diese Körper, sondern auch für die physichen Doppelsterne, und für beide um so mehr bewährt, je mehr die Theorie, die Bewegungen nach diesen Gesetzen zu bestimmen, vervollkommnet und die Genauigkeit der Beobachtungen gesteigert ist. Es ist hiernach höchst wahrscheinlich, dass nicht allein die zu einzelnen Systemen näher vereinigten Körper, wie die des Sonnensystems und der physischen Doppelsterne, sondern dass alle Körper des Weltraums durch gegenseitige Anziehungen auf einander einwirken. Allein

wegen der grossen Entfernung der Fixsterne von uns sind ihre Anziehungskräfte ohne merklichen Einfluss auf die Bewegung der Körper unsers Sonnensystems. In der That ist der nächste der wenigen Fixsterne, deren Entfernungen von uns mit einiger Sicherheit ermittelt sind, etwa 200000 mal so weit von uns entfernt als die Sonne. Da bei gleichen Massen der anziehenden Körper ihre Anziehungskräfte sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten, so würde die Anziehungskraft, welche ein solcher Stern, wenn seine Masse der der Sonne gleich wäre, auf einen Körper unsers Systems ausübt, sich zu der Kraft verhalten, mit welcher die Sonne unsere Erde anzieht, wie 1 zu dem Quadrate von 200000 oder wie 1 zu 40000000000. Der Einfluss auf die relative Bewegung der Erde um die Sonne ist noch sehr viel geringer, weil es hierbei nur auf den Unterschied der Anziehungen auf Sonne und Erde ankommt. Die Anziehungskraft der Sonne auf die Erde ist etwa vier tausend Billionen mal grösser als die perturbirende Kraft jenes Fixsterns auf die Erde. Es ist hierbei freilich angenommen, dass der Fixstern dieselbe Masse hat als die Sonne, allein sie könnte, wie man ersieht, beträchtlich grösser sein und ihr Einfluss auf die Erde würde dennoch unmerklich bleiben.

Nicht allein bei Doppelsternen, die uns als solche erscheinen, zeigen sich Bewegungen die eine Folge der gegenseitigen Anziehungen der Körper eines solchen Systems sind, sondern es sind ähnliche Bewegungen auch bei einigen Fixsternen nachgewiesen, die uns als einfache erscheinen. Diese interessante Entdeckung verdanken wir *Bessel*. Er fand bei Sirius und Procyon Ortsveränderungen, die sich aus der Annahme, dass diese Körper sich gleichförmig in gerader Linie im Raume bewegen, nicht erklären lassen, und wies auch zugleich nach, dass diese Bewegungen nur aus den Anziehungen naher Körper hervorgegangen sein können, die aber keine Leuchtkraft besitzen und deshalb unsichtbar sind. Für Sirius habe ich vor längerer Zeit aus den Ortsveränderungen, die sich in seinen Rectascensionen zeigen, die Bahnelemente unter der erwähnten Annahme berechnet. Darnach bewegt sich dieser Stern um den dunkelen Körper in einer Ellipse, deren grosse Achse sich zur kleinen verhält wie 10 zu 6, und hat darin eine Umlaufszeit von 50 Jahren. Die aus dieser Bewegung hervor-

gehenden Veränderungen in der Rectascension gehen bis auf 9 Secunden. Sämmtliche Beobachtungen des Sirius werden durch die Annahme dieser Bahnbewegung überraschend genau dargestellt und letztere wird daher auch gegenwärtig bei der Berechnung der Ephemeriden dieses Sterns berücksichtigt. *)

In jedem Systeme von zwei oder mehreren Körpern, die sich gegenseitig anziehen, z. B. in dem Systeme sämmtlicher Körper unseres Sonnensystems, zeichnet sich ein Punct durch sehr einfache Gesetze seiner Bewegung aus. Es ist dieses der Schwerpunct des Systems. Der Name dieses Puncts hat seinen Ursprung darin, dass er zuerst bei der Untersuchung der Einwirkung der Schwere auf Körper, die sich auf unserer Erde befinden, in Betracht gezogen ist. Bei einem Körper von geringem Umfange kann man die Richtungen, längs welcher die Schwerkraft auf die einzelnen Atome wirkt, als parallel und die Intensität der Schwerkraft als constant ansehen. Unter diesen Voraussetzungen giebt es einen Punct im Innern des Körpers, der so beschaffen ist, dass wenn auf ihn eine Kraft wirkt, deren Stärke der Gesammtwirkung der Schwerkraft auf den ganzen Körper gleich ist und die eine der Schwerkraft entgegengesetzte Richtung hat, sie der Schwerkraft das Gleichgewicht hält, so dass der Körper keine Tendenz hat, sich um den Unterstützungspunct zu drehen, welche Lage er um diesen Punct auch haben mag. Dieser Punct nun wird der Schwerpunct des Körpers genannt.

Für zwei oder mehrere von einander getrennte Körper lässt sich gleichfalls ein Schwerpunct angeben. Es ist nämlich der Punct, der für diese Körper die erwähnte Eigenschaft haben würde, wenn sie durch unbiegsame Stangen, auf welche die Schwerkraft keine Einwirkung hätte, so verbunden werden könnten, dass sie ihre gegenseitige Lage nicht verändern. Wenn die Massen und die gegenseitige Lage der Körper gegeben sind, so lässt sich die Lage des Schwerpuncts geometrisch oder durch Rechnung bestimmen. Für Körper ausserhalb unserer Erde wird der analoge Punct gleichfalls der Schwerpunct genannt, wenn gleich auf diese Körper keine Kräfte in parallelen Richtungen, wie sie für die Schwerkraft angenommen werden, einwirken.

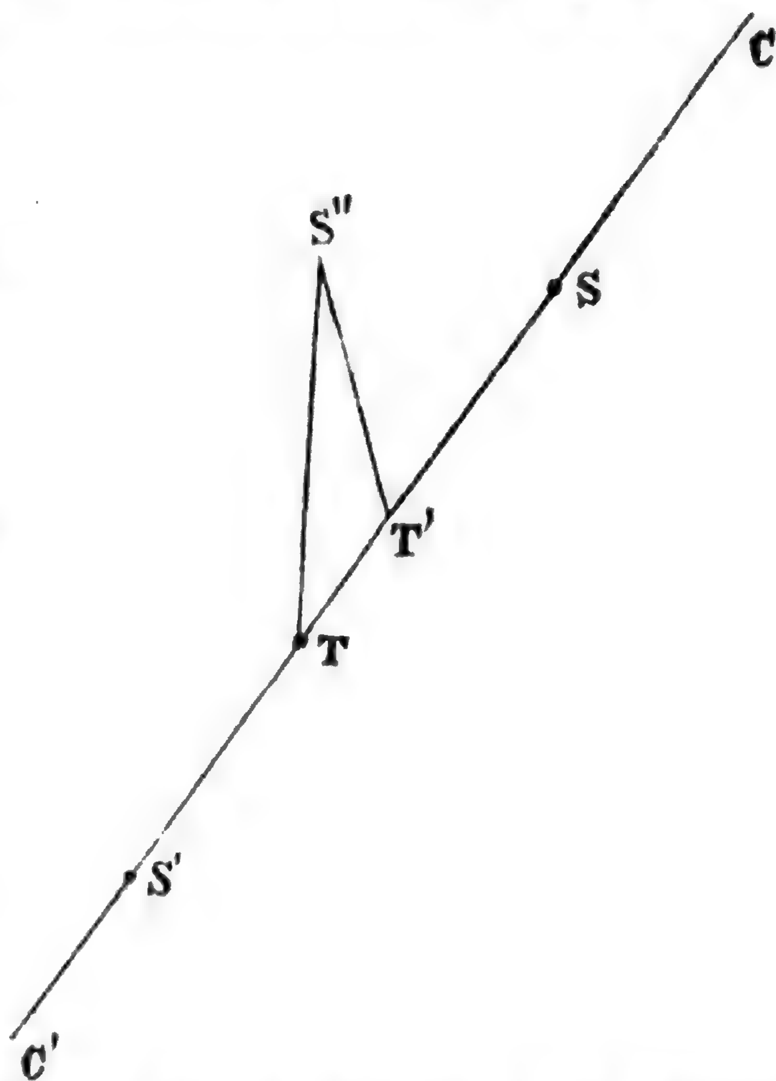
*) Tabulae Reductionum observationum astronomicarum, Auctore *J. Ph. Wolfers*. Berolini 1858, p. XXXII.

Wenn die einzelnen Körper eines Doppelsterns sich in Folge gegenseitiger Anziehungen und ihnen im Anfange ihrer Bewegungen mitgetheilter Wurfgeschwindigkeiten bewegen, und wenn sie ausserdem, analog den Körpern unseres Sonnensystems, so weit von den übrigen Fixsternen entfernt sind, dass diese keine merkliche Anziehungskraft auf sie ausüben können, so folgt aus den *Newton*'schen Bewegungsgesetzen, dass der gemeinschaftliche Schwerpunct sämmtlicher Körper des Doppelsterns fortwährend ruhet oder sich mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit in gerader Linie fortbewegt, während die einzelnen Körper in ihren Bahnen ihn umkreisen. Der Schwerpunct eines Doppelsternsystems hat also dieselbe gleichförmige fortschreitende Bewegung, wie sie bei vielen einfachen Sternen sich herausgestellt hat. Die von uns gesehene Bewegung eines Doppelsterns ist also zusammengesetzt aus der Bewegung seines Schwerpunctes, die dieselben einfachen Gesetze befolgt, wie die Eigenbewegung eines einfachen Fixsterns, und aus der Bahnbewegung der Sterne um den Schwerpunct. Aus den zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen der Lage der einzelnen Sterne eines Doppelsterns gegen benachbarte Sterne lässt sich mit Hülfe jener Bewegungsgesetze bestimmen, in welchem Verhältnisse die Massen der einzelnen Körper des Doppelsterns zu einander stehen. Fände sich z. B. für einen aus zwei Sternen bestehenden Doppelstern, dass der jedesmalige Punct, welcher sich in der Mitte zwischen beiden befindet, eine dem gleichförmigen Fortschreiten entsprechende Bewegung zeigt, so würde daraus folgen, dass die Massen beider Körper einander gleich sind. Das auf solche Weise gefundene Resultat könnte, abgesehen von dem Einfluss der Beobachtungsfehler, nur dadurch fehlerhaft werden, wenn zum Systeme des Doppelsterns noch ein oder mehrere dunkle Körper gehören sollten, deren Massen im Verhältniss zu den Massen der sichtbaren Körper beträchtlich wären.

Nach den *Newton*'schen Bewegungsgesetzen wird, wie erwähnt, der Schwerpunct unsers Sonnensystems entweder fortwährend ruhen oder mit gleichförmiger Geschwindigkeit in gerader Richtung fortschreiten, wenn die Anziehungen der Fixsterne auf dieses System unberücksichtigt bleiben. In Folge der letzteren Anziehungen würde jedoch, wenn der Schwerpunct auch anfänglich in Ruhe sollte gewesen sein, eine, obschon im Beginne nur schwache, Be-

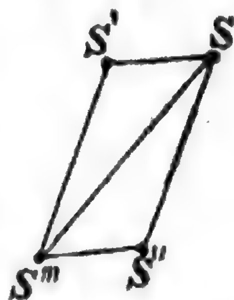
wegung desselben entsehen müssen. Es ist daher als gewiss anzusehen, dass sowohl der Schwerpunct unsers Sonnensystems als der der Doppelsterne, sowie auch alle einzeln stehende Sterne sich im Raume fortbewegen. In Folge solcher Schlüsse und der an den Fixsternen wahrgenommenen Bewegungen stellte schon der ältere *Herschel* sich die Aufgabe, aus den beobachteten Eigenbewegungen der Fixsterne, die Lage des Punctes an der Himmelskugel zu bestimmen, wohin sich unser Sonnensystem bewegt. Die Betrachtungen, welche ihn zur Lösung dieser Aufgabe leiteten, waren folgende.

In irgend einem Zeitmomente sei T unser Sonnensystem, welches wir hier als einen Punct betrachten, und TC sei die Linie, längs welcher T sich bewegt. Wären nun die übrigen Fixsterne im Raume unbeweglich, so würde in Folge jener Bewegung längs TC, ein Fixstern S, der sich in der Richtung TC befindet, seinen Ort an der Himmelskugel nicht verändern, eben so wenig ein Stern S', der sich auf der rückwärts geführten Verlängerung von TC auf TC' befindet. Der Winkelabstand $S''\,T\,S$ aber zwischen S und jedem Sterne S'', der ausserhalb der Linie CTC' liegt, wird mit der Zeit wachsen; denn augenscheinlich ist der Winkel $S''\,T'\,S$ grösser als $S''\,T\,S$. Die jährliche Zunahme dieses Winkels wird bei gleichen Entfernungen der Sterne S und S'' von T, um so grösser sein, je mehr der Winkel $S''\,T\,S$ sich einem rechten nähert. Mit Hülfe dieser Betrachtungen würde es leicht sein aus einigen wenigen, der Richtung und Grösse nach beobachteten Ortsveränderungen von Sternen an der Himmelskugel, die Lage des Punctes C zu bestimmen, wenn



die Fixsterne ihren Ort im Raume nicht änderten. Dadurch dass die Fixsterne sich gleichfalls im Raume bewegen, wird die Auflösung jenes Problems jedoch schwieriger und weniger sicher.

Nehmen wir an, ein Stern bewege sich im Laufe eines Jahrs, von uns gesehen, in Folge seiner Bewegung im Raume von S nach S', und in derselben Zeit, wenn er selbst ruhend wäre und nur unser System fortrückte, von S nach S'', so bewegt er sich, wenn beide Bewegungen zugleich stattfinden, von S nach S''', sehr nahe längs der Diagonale des kleinen Parallelogramms, von welchem SS' und SS'' zwei Seiten sind. Nun ist aus Beobachtungen des Fixsterns nur SS''' der Grösse und Richtung nach bekannt, SS' ist aber unbekannt, mithin auch die Richtung von SS'', die aus der Bewegung des Sonnensystems hervorgeht und die verlängert durch den Punct C (Fig. Seite 96) führen würde. Für die Ermittelung der Lage des Punctes C aus den Eigenbewegungen verschiedener Sterne, können demnach statt der Richtungen und Grössen von SS'', die zu einer scharfen Bestimmung jenes Punctes führen würden, nur die für diese Untersuchung fehlerhaften Werthe, die zu SS''' gehören, benutzt werden. Allein wenn eine grosse Anzahl an der Himmelskugel gehörig vertheilter Sterne zur Vergleichung gezogen wird, so lässt sich der Einfluss der Fehler in der Richtung und Grösse der SS''' sehr verringern.



Herschel hat über diesen Gegenstand drei Abhandlungen in den „Philosophical Transactions“ geliefert. In den beiden ersten, von den Jahren 1783 und 1805, sucht er die Richtung, in der dritten vom Jahre 1806, die Geschwindigkeit der Bewegung des Sonnensystems zu bestimmen.

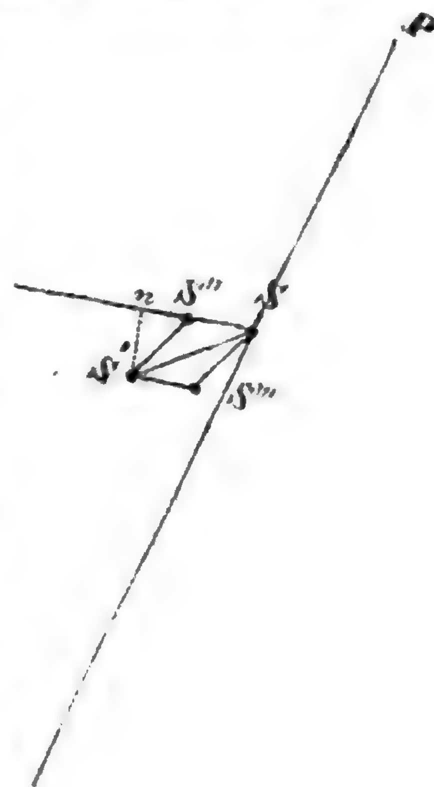
Für seine erste Untersuchung benutzte er die Eigenbewegungen, welche *Tobias Mayer* aus der Vergleichung der von ihm beobachteten Sternpositionen für 1856 mit den von *Römer* 1706 bestimmten, abgeleitet hatte. In Betreff der Sicherheit dieser Vergleichung sprach *Tobias Mayer* sein Urtheil dahin aus, dass ein Unterschied von 10 Secunden aus den beiderlei Beobachtungsfehlern allein hervorgegangen sein könne, dass aber eine 10 oder 15 Secunden übersteigende Abweichung als ein sicheres Indicium einer Eigenbewegung angesehen werden könne. Demgemäss schloss *Herschel* für seine Untersuchung alle Sterne aus, bei welchen die Abweichung in jenem Zeitraum

von 50 Jahren weniger als 10 Secunden betrug. Es verblieben ihm alsdann 56 Sterne, für welche, nach *Tobias Mayer*, die Eigenbewegung ziemlich sicher bestimmt war. Für 12 von diesen Sternen hatte, etwas später als *Tobias Mayer*, *Maskelyne* die Eigenbewegung noch schärfer bestimmt. *Herschel* fand nun, dass diese von *Mayer* und *Maskelyne* gefundenen Eigenbewegungen sich am besten mit der Annahme vereinigen liessen, dass unser Sonnensystem sich in der Richtung auf den Stern λ im Hercules bewegt. Alsdann stimmen nämlich für 40 dieser Sterne die Richtungen der Eigenbewegung, sowohl in Rectascension als Declination, mit derjenigen Richtung überein, die allein aus der Bewegung des Sonnensystems hervorgehen würde, und nur für 16 derselben weicht entweder die Eigenbewegung in Rectascension oder in Declination von der jener Bewegung entsprechenden ab. Allein bei keinem Stern zeigt sich eine Abweichung in beiden Richtungen. Die nachgebliebenen Discordanzen erklären sich ganz natürlich aus den, den benutzten Sternen eigenthümlichen Bewegungen.

Für die spätere Untersuchung desselben Gegenstandes lagen *Herschel* die Eigenbewegungen von 36 Sternen vor, welche *Bradley* sowohl als *Maskelyne* sehr oft und mit grosser Genauigkeit beobachtet hatten. Von diesen benutzte er für seine Untersuchung jedoch nur diejenigen, die er für die nächsten hielt. Er urtheilte nämlich, dass, wie auch die wirklichen Bewegungen der Sterne beschaffen sein möchten, immer die aus der Sonnenbewegung hervorgehende parallactische Bewegung für die nächsten Sterne, bei gleicher Lage derselben gegen den Apex *), am grössten sein müsste. Als Kriterium für das Schätzen der Entfernungen der Sterne benutzte er ihre Helligkeiten. — So lange die scheinbaren Ortsveränderungen der Fixsterne, welche ihren Entfernungen von uns entsprechend aus der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne hervorgehen, nicht durch Beobachtungen ermittelt sind, und dieses ist bis jetzt nur für eine sehr kleine Zahl mit Sicherheit gelungen, giebt es in der That auch nur zwei Kennzeichen, nach welchen auf die relativen Entfernungen der Sterne von uns ge-

*) *Herschel* nennt den Punct an der Himmelskugel, nach welchem sich der Schwerpunct unsers Sonnensystems bewegt, den Apex dieses Systems und wir werden, der Kürze wegen, diese Benennung hier auch anwenden.

schlossen werden kann, die Helligkeit und die Grösse der scheinbaren Eigenbewegung. Beide sind ohne Zweifel sehr unsicher. Bei Annahme der erstern wird, wenn auf die relativen Entfernungen einzelner Sterne ein Schluss gemacht werden soll, vorausgesetzt, dass die absolute Leuchtkraft für alle Fixsterne dieselbe sei. Bei Annahme des zweiten, dass alle Sterne sich mit gleicher Geschwindigkeit im Raume fortbewegen. Im letztern Falle bleibt der Schluss von der beobachteten Eigenbewegung auf die Entfernung des Sterns noch deshalb sehr unsicher, weil die Grösse jener Eigenbewegung auch von dem Winkel abhängt, den die Richtung der wahren Bewegung des Sterns mit der Gesichtslinie bildet. Bewegt sich der Stern längs dieser Gesichtslinie, sei es nun, dass er sich von uns entfernt, oder dass er sich uns nähert, so wird er ruhend erscheinen, wie gross seine wirkliche Bewegung auch sein mag. Unter sonst gleichen Umständen wird die Bewegung um so grösser erscheinen, je mehr der Winkel, den die Richtung seiner wahren Bewegung mit der Gesichtslinie bildet, sich einem rechten nähert. — *Herschel* benutzte, wie erwähnt, von den beiden Kriterien zum Schätzen der Entfernungen die Helligkeiten und wählte daher für seine Untersuchung die sehr hellen Sterne, Sirius, Arcturus, Capella, Wega, Aldebaran und Procyon. Aus der beobachteten Eigenbewegung in Rectascension und Declination jedes einzelnen dieser Sterne berechnete er die ganze Grösse der scheinbaren Bewegung und die Richtung, die sie mit dem Declinationskreise des Sterns bildet. Nimmt man die Lage des Apex unsers Sonnensystems als bekannt an, so lässt sich für jeden Stern auch die Richtung der der Sonnenbewegung allein entsprechenden oder der parallactischen Bewegung bestimmen. Sei in nebenstehender Figur *S* der Ort eines Sterns zu irgend einer Zeit, *SP* der durch *S* geführte Declinationskreis, *SS'* der Weg, den der Stern im Laufe eines Jahres an der Himmelskugel scheinbar zurücklegt, *SS''* seine parallactische Bewegung für denselben Zeitraum oder der Weg, den er in Folge der Bewegung des Sonnensystems schein-



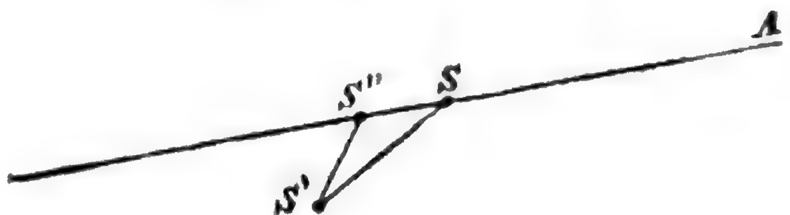
bar zurücklegen würde. Der kleine während eines Jahres beschriebene Bogen SS' kann nahezu als eine gerade Linie angesehen werden, und dann bezeichnet die Seite SS''' des Parallelogramms $SS''S'S'''$, in welchem SS' die Diagonale und SS'', eine an SS''' anliegende Seite ist, die reelle Eigenbewegung des Sterns, oder diejenige, welche er allein in Folge seiner Fortbewegung im Raume zeigen würde. Die Grösse dieser reellen Bewegung lässt sich aus der bekannten scheinbaren Bewegung SS' und der parallactischen SS'', wenn letztere als bekannt angenommen wird, ableiten, und ist bei gleichen Richtungen von SS'' am kleinsten, wenn SS'' senkrecht auf SS''' oder $S'S''$ ist. Sie würde also am kleinsten sein, wenn die parallactische Bewegung $= Sn$ ist, so dass der Winkel $S'nS$ ein rechter wird.

Herschel nahm nun verschiedene Werthe für die Rectascension und Declination des Apex an und berechnete unter jeder dieser Annahmen für die ausgewählten sechs Sterne die kleinsten Werthe der reellen Eigenbewegungen, also die Werthe von Sn. Diese addirte er und ermittelte durch Versuche diejenige Lage des Apex, für welche diese Summe am kleinsten wurde. Diesen Punct, für welchen also, unter Annahme einer Bewegung des Sonnensystems, die Summe der nachbleibenden reellen Eigenbewegungen auf ihren kleinsten Betrag gebracht werden konnte, nahm er für den wahrscheinlichsten Ort des Apex an. Er fand dafür die Rectascension $= 245°52'5$, die nördliche Declination $= 49°38'$, beide auf den Aequator und das Aequinoctium von 1803 bezogen.

Diese Bestimmung, obgleich mit Umsicht ausgeführt, beruhte auf einer so geringen Anzahl von Sternen, dass sie als eine höchst unsichere angesehen werden musste. Dasselbe gilt von andern Bestimmungen, die noch versucht wurden, bis *Argelander* diesem Gegenstande seine Aufmerksamkeit zuwandte. Dieser ausgezeichnete Astronom beobachtete an dem Meridiankreise der Sternwarte zu Åbo die Oerter von 560 Sternen, die sämmtlich von *Bradley* beobachtet waren und stellte daraus einen für den Anfang des Jahres 1830 geltenden Catalog zusammen. Er hatte vorzugsweise solche Sterne ausgewählt, für die sich aus der Vergleichung früherer für verschiedene Zeitepochen geltenden Cataloge, insbesondere der Cataloge von *Bradley* und *Piazzi*, eine merkliche Eigenbewegung herausgestellt hatte. Von diesen Sternen wandte er zu der Unter-

suchung der Bewegung des Sonnensystems alle diejenigen an, für welche die gefundene jährliche Eigenbewegung mehr als $\frac{1}{10}$ Secunde betrug. Er hatte nämlich aus einer Untersuchung der wahrscheinlichen Fehler seiner und der frühern von ihm verglichenen Beobachtungen die Ueberzeugung erlangt, dass die Eigenbewegungen von dem genannten Betrage ihre Fehler an Grösse so sehr übertreffen, dass sie mit Sicherheit von ihm benutzt werden konnten. Es verblieben ihm auf solche Weise 390 Sterne, deren Beobachtungen er für sein Vorhaben anwenden konnte.

Durch folgende Betrachtungen kann man zu den von Herrn Professor *Argelander* aufgestellten Bedingungsgleichungen gelangen, die zur Bestimmung der Lage des Apex führen. Sei A der Apex des Sonnensystems, S ein Fixstern, $S\,S''$ seine aus der alleinigen Bewegung des Sonnensystems hervorgehende parallactische Bewegung im Laufe eines Jahres.



Diese Bewegung liegt, wie schon bemerkt worden, auf einem durch A und S geführten grössten Kreis der Himmelskugel. Dadurch, dass der Stern sich im Raume fortbewegt, wird sein Ort, ausser durch die parallactische Bewegung von S nach S'', noch von S'' nach S' abgelenkt, um eine Quantität, deren Grösse und Richtung unbekannt ist, die also ganz in der Weise eines Beobachtungsfehlers wirkt, und deren Richtung, da man ihr Gesetz nicht kennt, als zufällig angesehen werden kann. Der Winkel $S'\,S\,S''$, den die aus Beobachtungen bekannte Richtung $S\,S'$ der scheinbaren Bewegung mit der parallactischen Bewegung $S\,S''$ bildet, wird, unter sonst gleichen Umständen, um so grösser sein, je kleiner $S\,S''$ ist, also im Allgemeinen, je näher der Stern dem Puncte A ist. Bei unveränderter Lage des Punctes S an der Himmelskugel wird aber jener Winkel $S'\,S\,S''$ von der Entfernung des Sterns von uns unabhängig sein, indem, wenn der Stern uns näher rückte, $S\,S''$ und $S''\,S'$ in gleichem Verhältnisse wachsen, der Winkel $S''\,S\,S'$ aber ungeändert bleiben würde. *Argelander* hat daher die Bedingungsgleichungen, welche die Winkel $S''SS'$ darstellen, seiner Untersuchung zum Grunde gelegt, weil bei ihrer Anwendung keine Hypothesen über die relativen Entfernungen der Sterne von uns aufzustellen waren.

Hätte er die Quantitäten $S\,S'$ der Eigenbewegungen gleichfalls zur Bildung von Bedingungsgleichungen benutzen wollen, so wäre die Aufstellung solcher Hypothesen unvermeidlich gewesen, da sie nicht allein von der Lage der Sterne gegen den Apex, sondern auch von der Entfernung der Sterne von uns abhängen. Er liess daher die Grösse der Eigenbewegungen unberücksichtigt und bestimmte aus den Beobachtungen der genannten 390 Sterne die Lage des Apex dergestalt, dass die beobachteten Richtungen $S\,S'$ die möglichst beste Uebereinstimmung mit den parallactischen Richtungen $S\,S''$ bilden, indem er den Einfluss, welchen die Lage der Sterne gegen den Apex auf die Grösse der Winkel $S'\,S\,S''$ hat, gebührend berücksichtigte. Auf solche Weise fand er für 1800 die Rectascension des Apex = 259°51'8, die Declination = 32°29'1.

Ein Schüler *Argelander*'s, Dr. *Lundahl*, setzte die Untersuchung ganz in der von seinem berühmten Lehrer begonnenen Weise fort, indem er noch 147 Sterne zu der Untersuchung hinzuzog, deren Eigenbewegung aus der Vergleichung neuerer, unter *Pond*'s Direction in Greenwich ausgeführter Beobachtungen mit den *Bradley*'schen Beobachtungen ermittelt waren. Aus der Verbindung dieser Bewegungen mit den von *Argelander* bereits benutzten fand er als wahrscheinlichste Bestimmung der Lage des Apex für 1800 die Rectascension = 257°54', die Declination = 28°49' nördlich.

Es ist ohne Zweifel ein grosser Vorzug der Methode, welche *Argelander* zur Ermittelung der Richtung der Bewegung des Sonnensystems anwandte, dass sie frei ist von allen Hypothesen über die relativen Entfernungen der Fixsterne, und die von ihm und *Lundahl* gefundene Lage des Apex verdient sowohl aus dieser Ursache, als auch wegen der grossen Anzahl der benutzten Sterne, der Genauigkeit, mit welcher sie beobachtet worden und des richtigen, den Regeln der Wahrscheinlichkeits-Rechnung angemessenen Verfahrens bei Auflösung der Aufgabe, das grösste Vertrauen.

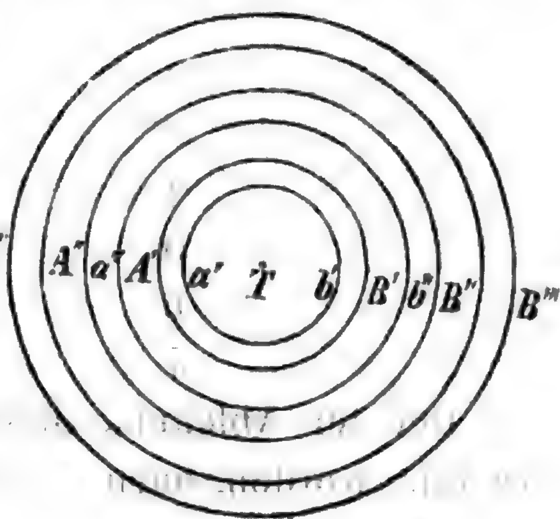
Im Jahre 1840 bestimmte mein damaliger College an der Pulkowaer Sternwarte, *Otto Struve*, bei Gelegenheit einer Untersuchung über die Präcession der Nachtgleichen, auch die Richtung der Bewegung des Sonnensystems aufs neue. Er wandte dazu 400 Sterne, meistens Doppelsterne an, welche am Meridiankreise der Dorpater

Sternwarte beobachtet waren, indem er ihre Eigenbewegung aus der Vergleichung mit *Bradley*'s Beobachtungen herleitete.

Otto Struve benutzte für seine Untersuchung die relativen Entfernungen der Fixsterne verschiedener Grössenklassen, welche *Struve* der Vater unter Anwendung von Hypothesen, deren sogleich nähere Erwähnung geschehen wird, abgeleitet hatte. Seine Bestimmung ist durch diese Basirung auf Hypothesen im entschiedenen Nachtheil gegen die *Argelander*'sche; sie hat dagegen wieder den Vorzug, dass bei ihr nicht allein die Richtungen, sondern auch die Quantitäten der Eigenbewegungen angewandt werden konnten.

Es wird in gegenwärtigem Aufsatze noch einigemal auf *Struve*'s Entfernungen der Fixsterne Bezug genommen werden. Es sei mir daher gestattet eine kurze Darstellung des von ihm zur Ermittelung jener Entfernung angewandten Verfahrens zu geben.

Der erste von *Struve* in dieser Beziehung gemachte Versuch befindet sich in der Einleitung zu seinem im Jahre 1827 erschienenen Catalogus novus stellarum duplicium et multiplicium. Er gründete seine Bestimmung damals auf die Anzahl der Sterne verschiedener Grössenklassen, wie sie auf *Harding*'s Karten, die sich vom Nordpol bis 15 Grad südlicher Declination erstrecken, vorkommen. Er fand, dass nahezu drei Mal so viele Sterne zweiter Grösse darauf verzeichnet sind, als erster Grösse, drei Mal so viele dritter Grösse als zweiter und so fort immer drei Mal so viele Sterne in der nachfolgenden Klasse, als in der nächst vorhergehenden. Bis zu den Sternen siebenter Grösse wichen allein die Sterne sechster Grösse von diesem Gesetze ab, was *Struve* dadurch erklärt, dass *Harding* vielleicht mehrere Sterne sechster Grösse in die siebente Grössenklasse gebracht habe. Er nimmt daher das genannte Gesetz als bis zu den Sternen der letztgenannten Grösse geltend an. Diese Annahme verbindet er mit den beiden Hypothesen, dass die Sterne im Raume gleichförmig vertheilt sind, und dass sie nur in Folge ihrer verschiedenen Entfernungen von uns heller oder schwächer erscheinen.



Sei nun in nebenstehender Figur *T* unser Sonnensystem, *A' B'* die Kugel-

hülle, welche alle Sterne einschliesst, die wir zur ersten Grösse zählen, $A'' B''$ die Kugelhülle der Sterne zweiter Grösse, so dass also zwischen den Hüllen $A' B'$ und $A'' B''$ alle Sterne enthalten sind, die uns von der zweiten Grösse erscheinen; $A''' B'''$ sei die äussere Hülle der Sterne dritter Grösse u. s. w. Sind nun zwischen $A' B'$ und $A'' B''$ drei mal so viele Sterne enthalten als in der innern Kugel $A' B'$, so enthält die Kugel, deren äussere Fläche $A'' B''$ ist, vier mal so viele Sterne als die Kugel $A' B'$. Unter der gemachten Annahme der gleichförmigen Vertheilung der Sterne müssen sich die Körperlichen Inhalte der Kugeln $A' B'$ und $A'' B''$ verhalten, wie die Anzahlen der in ihnen enthaltenen Sterne. Sei nun $a' b'$ eine mit $A' B'$ concentrische Hülle von solcher Grösse, dass innerhalb $a' b'$ eben so viele Sterne erster Grösse sich befinden, als ausserhalb. Sei ferner $a'' b''$ eine mit $A' B'$ und $A'' B''$ concentrische Kugelhülle, welche die Sterne zweiter Grösse in zwei gleiche Hälften theilt u. s. w. Alsdann wird, wenn der Körperliche Inhalt der Kugel $A' B'$, 1 genannt wird, der Inhalt der Kugel $a' b' = \frac{1}{2}$, der Kugel $a'' b'' = 2\frac{1}{2}$ u. s. w. Die Körperlichen Inhalte der verschiedenen Kugeln, deren Oberflächen, die Sterne jeder Grössenklasse ihrer Zahl nach halbiren, verhalten sich demnach wie die Zahlen

$$\tfrac{1}{2},\quad 2\tfrac{1}{2},\quad 8\tfrac{1}{2},\quad 26\tfrac{1}{2},\quad 80\tfrac{1}{2} \text{ etc.,}$$

oder wie 1, 5, 17, 53, 161 etc.

Die Halbmesser dieser Kugeln oder die mittlern Entfernungen der Sterne verschiedener Grössenklassen verhalten sich wie die Cubikwurzeln aus diesen Zahlen. *Struve* erhielt auf diese Weise folgende Werthe für die relativen durchschnittlichen Entfernungen der Sterne verschiedener Grössenklassen:

Grösse der Sterne	Durchschnittl. Entfernungen von uns
1	1,00
2	1,71
3	2,57
4	3,76
5	5,44
6	7,86
7	11,34

Bei der Ableitung dieser Entfernungen hat *Struve*, wie bereits erwähnt worden, auch die Hypothesen aufgestellt, dass alle Sterne

dieselbe absolute Leuchtkraft haben. Im 28. Bande der Astronom. Nachrichten, Seite 228, habe ich übrigens nachgewiesen, dass wenn die Annahme der gleichförmigen Vertheilung der Sterne im Raume beibehalten wird, *Struve*'s Distanzen nicht allein für den Fall gelten, wenn diese Leuchtkraft für alle Sterne gleich ist, sondern dass sie auch dann noch richtig sind, wenn unter den absoluten Helligkeiten alle möglichen Abstufungen von 0 bis zu irgend einem grössten Werthe vorkommen, sobald man voraussetzt, dass für jeden Stern jede dieser Helligkeiten gleich wahrscheinlich ist, und dass die Sterne, hinsichtlich der Leuchtkraft, nach keinem andern Gesetze, als dem des Zufalls, im Raume vertheilt sind.

Der Anblick des gestirnten Himmels, insbesondere der Milchstrasse, zeigt sogleich, dass *Struve*'s erste Hypothese, die der gleichförmigen Vertheilung der Sterne im Raume, nicht unerheblich von der Wahrheit abweicht. Schon nach Untersuchungen des ältern *Herschel* war es sehr wahrscheinlich, dass der grösste Theil der von uns gesehenen Sterne sich, in verhältnissmässig geringer Breitenausdehnung, längs zwei Ebenen erstreckt, die unter einem kleinen Winkel gegen einander geneigt sind und von denen die eine sich über die Linie des Zusammentreffens beider in's Unbegrenzte ausdehnt. Durch diese Annahme lässt sich die Erscheinung der Milchstrasse und ihre Theilung vom Schwane bis zum Scorpione im Allgemeinen sehr gut erklären. *Struve* hat diese Hypothese, durch die Annahme einer einzigen Ebene, längs welcher die Sterne gleichförmig vertheilt seien vereinfacht und sie dann zu einer neuen Bestimmung der Entfernungen der Sterne benutzt. Unter Anwendung zuverlässigerer und vollständigerer Materialien für die Zahl der Sterne verschiedener Grössenklassen, als sie die früher benutzten *Harding*'schen Karten darbieten konnten, fand er folgende Distanzen:

Grösse der Sterne	Durchschnittl. Entfernungen von uns
1	1,00
2	1,80
3	2,76
4	3,91
5	5,45
6	7,73
7	11,6

Diese Distanzen weichen, wie man sieht, von den vorhergehenden, die *Otto Struve* bei seiner Bestimmung der Bewegung des Sonnensystems benutzt hat, und die auf der Annahme einer nach allen Richtungen gleichförmigen Vertheilung der Sterne beruhen, nicht sehr erheblich ab, so dass aus der Verschiedenheit dieser Werthe kein beträchtlicher Fehler der *Struve*'schen Resultate entstanden sein kann. *Struve* findet für 1790 die Rectascension des Apex = 261°21′8, die Declination = 37°36′ nördlich. Nach einer von mir ausgeführten Untersuchung über den Einfluss constanter Fehler in den Declinationen der benutzten Sterncataloge, würde sich der Unterschied zwischen *Argelander*'s und *Struve*'s Declination des Apex zum grössten Theile aus solchen Fehlern in den Sternörtern erklären lassen.

Mädler hat in der jüngsten Zeit das Problem der Sonnenbewegung wieder in der Weise behandelt, wie es von *Argelander* geschehen ist. Aus den beobachteten Eigenbewegungen von 2163 Sternen findet er für 1800, Rectascension des Apex = 261°38′8, Declination = + 39°53′9 nördlich.

Die vorhergehenden Resultate für die Lage des Apex des Sonnensystems stimmen so nahe überein, als bei dem Einfluss, den die Raumbewegungen der Fixsterne darauf haben, nur erwartet werden kann. Da sie nur aus den Beobachtungen solcher Sterne abgeleitet sind, die auf Sternwarten der nördlichen Halbkugel beobachtet werden konnten, so finden sie noch eine wichtige Bestätigung in dem Resultate, welches *Galloway* aus den Eigenbewegungen von 81 südlichen Sternen abgeleitet hat. Von diesen Sternen sind 65 um das Jahr 1750 von *Lacaille* auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung und 16 um dieselbe Zeit von *Bradley* beobachtet; um das Jahr 1830 sind die Positionen derselben Sterne von *Johnson* auf St. Helena und von *Henderson* am Cap bestimmt.

Herr Baron *von Plana* hat *Galloway*'s Rechnungen später in einigen Puncten berichtigt und für drei von *Galloway* benutzte Sterne, deren Beobachtungen von *Lacaille* unsicher waren, drei von *Argelander* beobachtete südliche Sterne substituirt. *Plana* fand alsdann für 1790 die Rectascension des Apex = 260°10′9, die Declination = 36°53′7 nördlich, äusserst nahe mit dem, was die nördlichen Sterne ergeben, übereinstimmend.

Es ist schon vorhin erwähnt worden, dass nach dem *Newton'*schen Attractionsgesetze die Körper im Weltraume sich in Folge von gegenseitigen Anziehungen und von Wurfgeschwindigkeiten, die ihnen unabhängig von diesen Anziehungen mitgetheilt sind, bewegen. Für die Planeten unsers Sonnensystems müssen die Wurfgeschwindigkeiten, in Bezug auf Richtung und Stärke, so beschaffen gewesen sein, dass alle grössern und die Mehrzahl der kleinern Planeten gegenwärtig Bahnen beschreiben, die wenig vom Kreise abweichen und sehr geringe Neigungen gegen einander haben, und dass alle Planeten sich in derselben Richtung bewegen. *Laplace* hat zur Erklärung dieser Gemeinschaftlichkeit in den Bewegungen eine Hypothese über die Bildung der Planeten aufgestellt, die sehr einfach ist und viele Wahrscheinlichkeit für sich hat. Sie ist in seiner Exposition du Sytême du Monde vorgetragen und kann wohl, da sie auch von den meisten Geologen acceptirt ist, als einem Jeden, der sich für Naturwissenschaften interessirt, bekannt vorausgesetzt werden.

Eine solche Gemeinschaftlichkeit, wie sie sich in den Bewegungen der Planeten um die Sonne und der Monde um die Planeten zeigt, findet in den Bewegungen der Fixsterne nicht statt, wie man aus ihren Eigenbewegungen ersieht, wenn man diese, so gut es angeht, von dem Einfluss der Fortrückung des Sonnensystems befreiet. Die Ursachen der Wurfgeschwindigkeiten der Fixsterne, wenn solche zu Anfang ihrer Bewegungen wirklich vorhanden gewesen, können daher denen, welche auf die Planeten eingewirkt haben, nicht analog gewesen sein, und sind uns gänzlich unbekannt.

Man hat die Hypothese aufgestellt, dass so wie die Monde sich um Körper von viel grösserer Masse, die Planeten, bewegen und letztere wieder um einen Körper von dominirender Masse, die Sonne, so auch unser ganzes System sich nebst andern Fixsternensystemen um einen Körper bewege, dessen Masse sehr viel grösser sei als die der Sonne. *Lambert* hat diese Bewegung von Systemen um je einen Körper von überwiegend grosser Masse noch weiter fortgeführt und angenommen, dass schliesslich alle Systeme sich um einen grossen Körper im Centrum des Universums bewegen. Allein dieses sind durch nichts begründete Hypothesen, die überdies zur Erklärung der Bewegungen der Fixsterne

nicht das Mindeste beitragen würden, da solche sich eben so gut ohne dieselben erklären lassen.

Herr Staatsrath *Mädler*, dessen Hypothesen über diesen Gegenstand wir jetzt betrachten werden, ist nicht der Ansicht, dass die Fixsterne sich um einen sehr grossen Centralkörper bewegen, wenn gleich seine erste Schrift, über die Bewegungen der Fixsterne, den Titel „die Centralsonne“ führt und dadurch zu Missverständnissen in dieser Beziehung Anlass gegeben hat. Eben so wenig ist er der Ansicht, dass nur die gegenseitigen Beziehungen der einander zunächst stehenden Sterne die wahrgenommenen eigenen Bewegungen veranlasst haben.

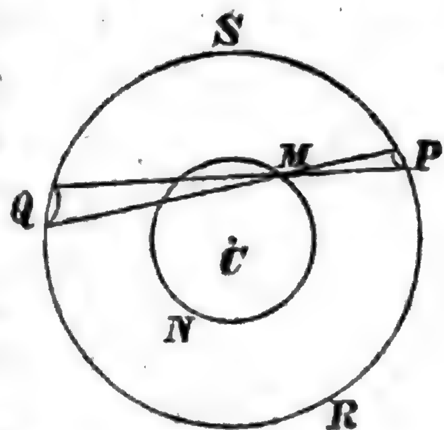
Dass bei physischen Doppelsternen und auch bei einigen als einfach erscheinenden Fixsternen solche gegenseitigen Einwirkungen statt finden, ist bereits erwähnt worden. Der Beweis jedoch, den Herr *Mädler* vorbringt, dass bei andern Sternen in Betreff äusserer Einwirkungen, die zunächst stehenden Sterne nicht den grössten Einfluss haben sollten, ist weder als klar, noch als bündig anzusehen. Er führt als Beispiel 61 Cygni und α Centauri an und äussert, dass wenn ihre Bewegungen von 5,143 Secunden und 3,674 Secunden jährlich, durch unsere Sonne (die nach seinen Berechnungen an Masse beide Doppelsterne überwiege), allein oder doch ihrem hauptsächlichsten Theile nach veranlasst würden, so müsse ersterer eine jährliche Parallaxe von 51,7 Secunden, der zweite von 41,4 Secunden zeigen. Während für jenen nur 0,35 Secunden, für diesen nur 0,91 Secunden gefunden sind. — Bei diesem Raisonnement, sind die Wirkungen der Anziehungen und der Wurfgeschwindigkeiten nicht von einander unterschieden und es liegt demselben stillschweigend die Annahme von Wurfgeschwindigkeiten, die eine Kreisbahn um den anziehenden Körper veranlassen, zum Grunde. Dass aber die letztern nicht die einzigen bei Himmelskörpern vorkommenden sind, zeigen in unserm Sonnensystem schon die Cometen, die sich sämmtlich in Bahnen bewegen, welche auf's Stärkste vom Kreise abweichen. Mit Sicherheit wird man auf die Form der Bahnen, welche die Schwerpuncte der Doppelsternsysteme und der einzelnen Fixsterne beschreiben, erst dann einen Schluss machen können, wenn sich entschiedene Abweichungen der Bewegungen dieser Puncte von der Gleichförmigkeit aus den Beobachtungen herausgestellt haben.

Allein dieses dürfte erst nach Ablauf vieler Jahrhunderte der Fall sein.

In fortwährender Voraussetzung, dass die Fixsterne sich in Kreisbahnen bewegen, einer Voraussetzung, die Herr Staatsrath *Mädler* durch nichts begründet, und irrthümlicher Weise als eine Folge der Anziehungen scheint betrachtet zu haben, zog er die Gesetze, nach welchen sich die einzelnen Fixsterne um den Schwerpunct aller bewegen, in nähere Erwägung.

Er stellte sich zuvörderst den ganzen alle Fixsterne umfassenden Raum als eine Kugel vor, die gleichförmig mit unendlich kleinen und in unendlich kleinen Entfernungen von einander abstehenden Körpern von gleicher Masse angefüllt ist. — Es ist bereits von *Newton* bewiesen worden, dass die Gesammtwirkung der Anziehungen aller Massentheilchen einer solchen Kugel auf einen im Innern derselben befindlichen materiellen Punct, dem Abstande dieses Punctes von dem Mittelpuncte der Kugel proportional ist. Der von *Newton* gegebene Beweis ist sehr einfach und es möge mir daher gestattet sein, denselben seinem wesentlichen Inhalte nach hier mitzutheilen.

Sei, in nebenstehender Figur, C der Mittelpunct der Kugel, in welcher die Massentheilchen auf die vorhin erwähnte Weise vertheilt sind. M sei der Punct, für welchen die Resultante der auf ihn wirkenden Anziehungskräfte zu bestimmen ist. Denkt man sich nun eine durch M gehende Kugelfläche, die C zum Mittelpunct hat, so lässt sich zuvörderst nachweisen, dass die Resultante aller Anziehungen, die M von allen denjenigen Puncten erleidet, die ausserhalb der Kugelfläche MN liegen, Null ist. In der That, es sei PQ eine unendlich dünne Kugelschale, deren einander unendlich nahe Flächen den Punct C zum Mittelpunct haben. Man denke sich nun zwei kegelförmige Flächen, die beide von denselben durch M gehenden und unendlich kleine Winkel mit einander bildenden geraden Linien begrenzt sind, so werden diese Kegelflächen bei P und Q unendlich kleine Stücke der Kugelschale abschneiden, die, wie leicht zu beweisen ist, sich wie die Quadrate ihrer Entfernungen von M verhalten. Da nun die Anziehungskräfte gleicher Massentheilchen sich umgekehr



wie die Quadrate ihrer Entfernungen vom angezogenen Punct verhalten, so folgt, dass die von der Kugelschale bei *P* und *Q* abgeschnittenen Theilchen mit gleicher Kraft auf *M* wirken, und da die Richtungen dieser Kräfte gerade entgegengesetzt sind, so müssen sie sich gegenseitig aufheben. Nun lässt sich die ganze Hülle *P S Q R* in solche einander gegenüberliegende Theilchen wie *P* und *Q* zerlegen, woraus hervorgeht, dass die Gesammtwirkung der Anziehung der ganzen Hülle Null ist und da dieses von jeder Kugelhülle gilt, die ausserhalb *M N* liegt, so ersieht man leicht die Richtigkeit des vorhin ausgesprochenen Satzes. Es kommt also für die Ermittelung der Anziehungskraft auf *M* nur noch die Wirkung der Kugel *M N* in Betracht, auf deren Oberfläche der Punct *M* sich befindet. In Betreff der Anziehung dieser Kugel beweiset *Newton* ferner, dass sie eben so wirkt, als wenn die ganze Masse der Kugel in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre. Die Anziehung der Kugel *M N* auf *M* ist demnach dem cubischen Inhalt dieser Kugel direct, und dem Quadrate von *M C* umgekehrt proportional, woraus vereinigt eine dem Abstande des Puncts *M* von *C* proportionale Anziehung hervorgeht.

In dem von *Mädler* fingirten Globularsysteme wird also jeder Punct nach dem Mittelpuncte, der hier mit dem Schwerpunct zusammenfällt, mit einer Kraft angezogen, die dem Abstand des angezogenen Puncts vom Schwerpuncte proportional ist. Erhält der Punct *M* eine von der Anziehung unabhängige seitliche Geschwindigkeit, so würde er sich, wenn eine freie Bewegung in dem Systeme noch möglich wäre, in einer Ellipse bewegen, deren Brennpunct in *C* liegt. Die Umlaufszeiten aller Puncte, die sich auf solche Weise um *C* bewegen, sind einander gleich. — Diese so eben vorgetragenen Gesetze der Bewegung in dem genannten Globularsysteme sind längst bekannt und bereits von *Euler* in seiner Mechanik bewiesen. — Herr Professor *Mädler* fügt ihnen noch hinzu: (Die Centralsonne. Dorpat 1846. Seite 7.) „Die Bewegungen werden hier rascher in directem Verhältnisse der Entfernungen (von *C*).“ Allein hier setzt Herr *Mädler* als selbstverständlich voraus, dass alle Bahnen Kreise sind und trägt es so vor, als ob solches direct aus dem Anziehungsgesetze hervorgehe. Es ist aber ein ganz wesentlicher Unterschied, ob die Kreisbewegung schon aus dem Gesetze der Anziehung folgt, oder ob sie nur eine

hypothetische Annahme ist. Die von *Mädler* hier so ohne Weiteres angenommene Hypothese ist noch dazu wenig wahrscheinlich. In unserm Sonnensysteme beschreiben die Planeten zwar Bahnen, die im Allgemeinen wenig vom Kreise abweichen; allein die Erklärung, die man dafür aufgestellt hat, setzt voraus, dass die Bewegungen alle in gleicher Richtung erfolgen und in Bahnen, die wenig gegen einander geneigt sind. Beide letztere Bedingungen treffen, wie schon früher erwähnt ist, bei den Bewegungen der Fixsterne nicht zu, und diejenigen Körper unsers Sonnensystems, bei denen es auch nicht der Fall ist, die Cometen, bewegen sich in sehr stark vom Kreise abweichenden Bahnen. Für viel wahrscheinlicher als die *Mädler*'sche würde ich noch die Hypothese halten, dass anfänglich die Wurfgeschwindigkeiten Null gewesen. Nimmt man dieses an, so beschreiben im Globularsysteme alle Puncte, wenn sie sich frei bewegen können, gerade Linien, die durch den Schwerpunct des Systems gehen und jeder Körper hat beim Durchgange durch den Schwerpunct die grösste Geschwindigkeit. Weit entfernt also, dass, wie *Mädler* es darstellt, im Globularsysteme die Geschwindigkeiten nothwendig mit der Nähe zum Schwerpuncte abnehmen, können sie gerade in diesem Puncte am grössten sein.

Nachdem wir gesehen, auf wie wenig haltbaren Gründen Herrn Professor *Mädler*'s Annahmen der Bewegungen in einem Globularsysteme beruhen, werden wir die weitere Entwickelung seines Bewegungssystems noch etwas näher betrachten.

Nachdem Herr Professor *Mädler*, in der ersten Schrift über die Centralsonne, seine Annahmen über die Bewegungen in einem Globularsysteme vorgetragen hat, bemerkt er, dass die Sterne, wie aus dem Totalüberblick desselben hervorgehe, wohl eher in einer Schicht von verhältnissmässig geringer Dicke als in einer Kugel vertheilt seien. Er nimmt nun an, dass in einer solchen Schicht, die Sterne, welche innerhalb des Kreises liegen, der um den Schwerpunct aller Sterne als Mittelpunct durch den angezogenen Punct beschrieben ist, so wirken, als seien sie in dem Schwerpunct vereinigt, und dass die Sterne ausserhalb des Kreises ohne Wirkung sind und findet unter diesen Annahmen, dass die Umlaufszeiten sich wie die Quadratwurzeln aus den Entfernungen verhalten. Hier ist Herr Prof. *Mädler* jedoch im Irrthum. Es ist hier nicht der Ort, dieses mathematisch nachzuweisen und es

sei mir daher gestattet, als Beleg meiner Behauptung, eine Autorität anzuführen.

Gauss schreibt über diesen Gegenstand, unter dem 25. Mai 1846 an Conferenzrath *Schumacher*, wie folgt:

„Ihr Urtheil, dass alles aus ungewissen und schwachen Schlüs- „sen zusammengesetzt ist, scheint mir sehr treffend. Hinzufügen „möchte ich aber noch, dass gerade sein Hauptargument ganz ge- „haltlos ist. Ueberlegen Sie gefälligst folgendes:

„Eine homogene Kugel wirkt bekanntlich auf einen Punct „ausserhalb so, als wäre die ganze Masse im Centrum vereinigt; „für die Wirkung auf einen Punct innerhalb muss aber die ganze „concentrische Schale, an deren innerer Fläche der Punct liegt, „abgerechnet werden, da bekanntlich diese gar nicht wirkt.

„Ich habe gerade nichts dagegen, dass man die Sterne wie „gleichförmig den Raum, über welchen sie verbreitet sind, aus- „füllend betrachtet und will so *Mädler*'s erste Hypothese allenfalls „gelten lassen, die er aber nachher aus andern Gründen selbst „verwirft.

„Was aber seine zweite Hypothese betrifft, nemlich, wo die „Sterne in einem Raume, der die Gestalt einer sehr platten Scheibe „hat, gleichförmig vertheilt sind, so existiren dafür gar keine Theo- „reme, die den vorher erwähnten für den Kugelraum analog wären. „— — — Die stillschweigende Voraussetzung, man könne für den „Kreis innerhalb des angezogenen Puncts so rechnen, als sei alles „im Mittelpunct concentrirt, ist blos aus der Luft gegriffen."

Es scheint übrigens, als wenn Herr Staatsrath *Mädler* sich später selbst von der Unrichtigkeit seiner Theorie über die Bewegungen in einer Schicht von geringer Dicke überzeugt hat, denn während er in der ersten Schrift die Annahme einer gleichförmigen Vertheilung der Fixsterne im Raume einer Kugel verwirft, spricht er in seinen spätern Schriften nur von dem Globularsystem und erwähnt der Bewegungsgesetze in einer Schicht weiter nicht. Im 14. Bande der Dorpater Beobachtungen, Seite 252, äussert er sich sogar dahin, jede andere Form des Fixsternsystems als die eines das Ganze umfassenden Globularsystems, sei als eine gänzliche Formlosigkeit, die das System in ein blosses Aggregat verwandeln würde, auszuschliessen.

Unter der, wie wir gesehen haben, ganz unerwiesenen Annahme, dass die absoluten Eigenbewegungen der Sterne um so grösser seien, je weiter die Sterne vom Schwerpuncte aller entfernt sind, und aus der Betrachtung der Lage und Form der Milchstrasse suchte *Mädler* nun die Lage des Schwerpuncts des ganzen Fixsternsystems abzuleiten. Die erste Annahme führte ihn zu dem Schlusse, dass in der Nähe des von uns gesehenen Orts des Schwerpuncts oder Centralpuncts, wie *Mädler* ihn nennt, vorzugsweise schwache eigene Bewegungen zu suchen seien, ebenso in der Nähe des ihm an der Himmelskugel gerade gegenüber liegenden Puncts, und dass stärkere Eigenbewegungen vorzugsweise in beträchtlichen Entfernungen von beiden Puncten vorkommen müssten. Ausserdem nahm *Mädler* an, dass der Schwerpunct in der Ebene der Milchstrasse liege. — Da der Zug der Milchstrasse die Himmelskugel nicht in zwei gleiche Theile theilt, so ist es wahrscheinlich, dass wir uns etwas entfernt von jener Ebene, auf der Seite der grössern Hälfte der Himmelskugel befinden und dann muss nach *Mädler*'s Annahme der Schwerpunct in der kleineren Hälfte erscheinen. — Um die Lage dieses Puncts noch näher zu bestimmen, machte er über die Constitution des Fixsternsystems eine Annahme, die weder mit seiner an andern Stellen benutzten Hypothese eines Globularsystems noch der einer Sternschicht übereinstimmt. Er supponirt nämlich, dass die Sterne in ringförmigen Schichten vertheilt sind, deren beide äussersten die Milchstrasse bilden, und dass wir der südlichen Hälfte der Milchstrasse näher seien, als der nördlichen.

Zu diesen Betrachtungnn fügte er noch die Annahme hinzu, dass nach dem Centralpuncte hin eine grössere Sternfülle zu erwarten sei, und dass auch unser Sonnensystem sich nahezu in einem Kreise bewege, dessen Mittelpunct im Schwerpunct der Fixsterne liege, so dass also die Richtung der Bewegung des Sonnensystems mit der Gesichtslinie zum Centralpuncte einen Winkel von nahezu 90 Graden bilde. Solchergestalt wurde er auf die Gegend des Stiers, als diejenige, in welcher, von uns gesehen, der Schwerpunct aller Fixsterne liege, geführt.

Die Gründe, welche *Mädler* für die Lage des Schwerpuncts aus der Form und Lage der Milchstrasse ableitet, stehen mit seiner spätern Behauptung, dass eine andere Annahme der Vertheilung

der Fixsterne, als die einer gleichförmigen im Globularsysteme, eine ganz auszuschliessende Formlosigkeit sei, im Widerspruche. Abgesehen hiervon dürften sie jedoch schon deshalb wenig stichhaltig sein, weil für die Lage des Schwerpuncts aller Fixsterne, auch die Systeme der Nebelflecke, die vorzugsweise entfernt von der Milchstrasse sind, und vielleicht zu den von uns entferntesten Objecten gehören, in Betracht kommen. Diese haben aber gerade um so grössern Einfluss auf die Lage des Schwerpuncts, je entfernter sie sind. Will man dagegen die Sternsysteme, welche uns ausserhalb der Milchstrasse als Nebel erscheinen, von dem Fixsternsysteme, für welches der Schwerpunct zu suchen ist, ausschliessen, so betritt man das Gebiet der Willkühr, und dann muss es allerdings immer Gruppen von Sternen geben, zu denen jeder nach Belieben angenommene Punct als Schwerpunct gehört.

Kehren wir von dieser Abschweifung wieder zu Herrn Prof. *Mädler*'s Hypothese zurück. Die vorhin erwähnten Betrachtungen hatten ihn nur zu einer Gegend des Himmels von noch beträchtlichem Umfange geführt, innerhalb welcher der Centralpunct zu suchen sei. In derselben haben, wie *Mädler* ferner hervorhebt, die Sterne der Plejadengruppe im Allgemeinen Eigenbewegungen von solcher Beschaffenheit, dass sie in Bezug auf Richtung aus der Bewegung unsers Sonnensystems allein erklärt werden können. Es ist also hiernach möglich, dass diese Sterne im Raume unbeweglich sind. Da nun nach *Mädler*'s Annahme die Sterne in der Nähe des Centralpuncts sehr geringe Bewegung haben, so nahm er den Centralpunct innerhalb dieser Gruppe an. In dieser Gruppe erschien ihm Alcyone als derjenige Stern, der unter allen übrigen die meiste Wahrscheinlichkeit für sich habe, die eigentliche Centralsonne zu sein.

Zur Begründung dieser Meinung bemerkt er, dass Alcyone optisch die Mitte der Plejadengruppe bilde, dass ihre Eigenbewegung unter allen andern am genauesten mit dem Mittel aus den Begungen der übrigen Plejaden harmonire, und dass sie bei weitem der hellste Stern der Gruppe sei, und deshalb die nächste Vermuthung der grössern Masse für sich habe. —

Weshalb in einem Systeme gleichförmiger Massenvertheilung, wie *Mädler* ursprünglich angenommen, den Schwerpunct ein Stern

von grösserer Masse als die benachbarten einnehmen soll, ist nun freilich nicht abzusehen, und diese Annahme gehört zu der grossen Zahl der Willkürlichkeiten, durch welche *Mädler*'s Theorie der Centralsonne sich auszeichnet.

Aus der Vergleichung der Eigenbewegungen der Fixsterne mit seiner Theorie der Bewegung im Globularsystem, sucht Herr Professor *Mädler* die Annahme, dass Alcyone im Schwerpunct aller Fixsterne sich befinde, näher zu begründen.

Da *Mädler*, wie schon erwähnt, der Meinung ist, dass die Eigenbewegungen am grössten erscheinen müssen in derjenigen Zone des Himmels, die nahezu 90 Grad von der Gegend abliegt, wo uns der Centralpunct erscheint, so untersuchte er zuvörderst die Sterne, welche zu der Zeit, da er seine Theorie zuerst aufstellte, als diejenigen von der stärksten Eigenbewegung bekannt waren. Es sind dieses die Sterne 61 im Schwan und Nr. 1830 des Sterncatalogs von *Groombridge*. Er fand, dass beide der von ihm aufgestellten Bedingung entsprechen, indem der erste 84 Grad, der zweite 92 Grad, also beide nicht viel von 90 Grad abweichend von Alcyone abstehen.

Darauf untersuchte er Mittelwerthe der Eigenbewegungen, sowohl in Bezug auf Quantität als Richtung, indem er die Himmelskugel in Zonen theilte, deren gemeinschaftlicher Pol die Alcyone ist. Ich erlaube mir, diese Mittelwerthe in der Weise zusammen zu stellen, wie er sie in der Schrift: „Untersuchungen über die Fixsternsysteme,“ welche in den Jahren 1847 und 1848 erschienen ist, angegeben hat.

Die Zonen, welche er um Alcyone als Mitte beschrieb, waren von Kreisen begrenzt, die 1°, 5°, 10°, 15°, 25°, 30°, 35°, 40° und (mit Auslassung der Zonen von 40° bis 82°5) 82°5, 85°, 95°, 97°5 von Alcyone abstehen.

Aus der Vergleichung der Eigenbewegungen in diesen verschiedenen Zonen gehen, nach *Mädler*'s Behauptung, folgende Gesetze hervor:

1) Die vollständigen, aus den Bewegungen in Rectascension und Declination zusammengesetzten, jährlichen eigenen Bewegungen der Sterne (die SS''' der Figur S. 97) sind für Alcyone und die angrenzenden Sterne am kleinsten, und die Mittelwerthe aus den Eigenbewegungen der einzelnen Zonen wachsen ununterbrochen

mit zunehmendem Abstande der Zonen von Alcyone, so dass der Mittelwerth für die Zone von 82½ bis 97½ Grad Abstand am grössten ist. *Mädler* findet nämlich:

für das Plejadensystem, SS''' =	0″070,	im Mittel aus	11	Sternen
= 1 bis 5° Abstand von Alcyone	0,070	= = =	12	=
= 5 = 10 = = =	0,070	= = =	31	=
= 10 = 20 = = =	0,089	= = =	101	=
= 20 = 30 = = =	0,107	= = =	159	=
= 30 = 40 = = =	0,110	= = =	224	=
= 82½ = 97½ = = =	0,118	= = =	302	=

2) Der Mittelwerth aus den Abweichungen $S'''SS''$ (Fig. 97) der Richtungen der beobachteten Eigenbewegungen SS''' von den Richtungen SS'', in welchen die Sterne sich scheinbar bewegen müssten, wenn ihre Eigenbewegungen nur eine Folge der Bewegung des Sonnensystems wäre, ist am kleinsten für die Zone zunächst um Alcyone, und wächst mit dem Abstande der Zonen von diesem Sterne. Nach *Mädlers* Rechnung ist:

für die Alcyone Winkel $S'''SS''$ =	1°6,	aus	1	Stern
= = Plejad. überh. = =	13,3,	im Mittel aus	11	Sternen
= 1 bis 5° Abstand von Alcyone	29,9	= = =	8	=
= 5 = 10 = = =	36,1	= = =	25	=
= 10 = 20 = = =	44,3	= = =	78	=
= 20 = 30 = = =	48,6	= = =	123	=
= 30 = 40 = = =	46,1	= = =	156	=
= 82½ = 97½ = = =	65,2	= = =	219	=

Diese Gesetze sollen nun nach *Mädler* mit seiner Annahme über die Bewegung im Globularsysteme, dass nämlich die Sterne sich im Raume um so schneller bewegen, je weiter sie vom Centralpuncte entfernt sind, im Einklange sein. Insbesondere hält er die Thatsache, die er aus den Beobachtungen gefolgert zu haben glaubt, dass die Quantitäten der Eigenbewegungen um so grösser werden, je weiter die Sterne im Weltraume von der Alcyone entfernt sind, für einen hinreichenden Beweis, dass der Schwerpunct des Fixsternsystems in der Alcyone liege, und dass die Sterne sich in Kreisen um diesen Punct bewegen; indem er die Gesetze, welche in den vom Schwerpuncte aus gesehenen Richtungen der Eigenbewegungen stattfinden mögen, vor der Hand noch ziemlich dahingestellt lässt.

Bereits im Jahre 1848 habe ich die *Mädler*'sche Argumentation in Betreff der Centralsonne einer Prüfung unterzogen und die Resultate derselben in den Comptes Rendus der Petersburger Akademie und in den Astronomischen Nachrichten Bd. 28 veröffentlicht.

Zuvörderst untersuchte ich, ob die kleine Zunahme, die sich in den Werthen von SS''' zeigt, auch reel, und nicht vielmehr eine Folge der Unsicherheiten sei, mit welchen die Mittelwerthe behaftet sind. Zu dem Ende entwickelte ich die wahrscheinlichen Fehler jener Werthe, unter der Annahme, dass die Unterschiede zwischen den Quantitäten der scheinbaren Eigenbewegungen kein Gesetz befolgen und ohne dass ich Rücksicht nahm auf die eigene Bewegung des Sonnensystems. Um eine bessere Uebersicht der etwaigen Veränderung von SS''' zu erhalten, bildete ich Zonen von 5 Grad Breite, anstatt dass *Mädler* Zonen von 10 Grad Breite gewählt hatte, ausserdem schloss ich die Zonen $82\frac{1}{2}°$ bis 85° und 95° bis $97\frac{1}{2}°$ aus, weil *Mädler* die Eigenbewegung der in ihnen enthaltenen Sterne für weniger sicher als die übrigen erklärte. Für den wahrscheinlichen Fehler einer einzelnen Eigenbewegung erhielt ich 0″095, und damit die in der folgenden Zusammenstellung gegebenen wahrscheinlichen Fehler der Mittelwerthe der SS''' für die einzelnen Zonen um Alcyone:

Abstand von Alcyone	Anzahl der Sterne	Mittlerer Werth von SS'''	Wahrscheinl. Fehler des Mittelw. von SS'''
1° bis 5°	12	0″070	0″027
5° „ 10°	31	0,070	0,017
10° „ 15°	37	0,094	0,016
15° „ 20°	64	0,088	0,012
20° „ 25°	82	0,130	0,010
25° „ 30°	77	0,090	0,011
30° „ 35°	105	0,140	0,009
35° „ 40°	119	0,082	0,009
85° „ 95°	228	0,099	0,006

Der blosse Anblick dieser Tabelle genügt schon, um sich zu überzeugen, dass durchaus kein als reel anzunehmendes Wachsen der Eigenbewegungen von Alcyone an bis 90° Abstand davon Statt findet. Selbst zwischen den Zonen zunächst bei Alcyone und 90°

davon, für welche der Unterschied, nach *Mädler*, am grössten sein sollte, übersteigt er nicht seinen wahrscheinlichen Fehler und ist daher ohne alle Bedeutung.

Da sonach das Gesetz in den beobachteten Eigenbewegungen, welches *Mädler* als die wesentlichste Stütze seiner im Uebrigen auf ganz willkührlichen Hypothesen beruhenden Theorie der Bewegung der Fixsterne hinstellte, gar nicht existirt, so hätte ich die Prüfung dieser Theorie damit als geschlossen ansehen können. Ich habe indess a. a. O. noch untersucht, ob unter der *Mädler*'schen Annahme, dass die Fixsterne sich wie in einem Globularsysteme und in Kreisbahnen um den Centralpunct bewegen, auch die durchschnittlichen Eigenbewegungen mit dem Abstande der Sterne von dem scheinbaren Orte des Schwerpuncts bis 90 Grad Abstand von diesem Puncte wirklich wachsen, wie *Mädler* es als selbstverständlich annimmt. Die theoretische Bestimmung der durchschnittlichen Werthe der Eigenbewegungen für verschiedene Abstände vom scheinbaren Orte des Schwerpuncts hätte auf Rechnungen geführt, die weitläuftiger sind, als sich für die Prüfung einer ohnehin schon so unhaltbaren Hypothese, wie die *Mädler*'sche der Fixsternbewegungen, verlohnt hätte. Viel leichter liessen sich dagegen die Mittelwerthe für die Quadrate der Eigenbewegungen angeben und ich habe daher diese letztern zur Vergleichung gewählt. Es kann übrigens kein Zweifel sein, dass wenn, wie es von *Mädler* geschieht, nur im Allgemeinen ein Wachsen der Eigenbewegungen von Alcyone bis 90° Entfernung behauptet wird, ohne dass weiter ein Gesetz der Zunahme ermittelt ist, man mit eben so viel Recht annehmen kann, dass die Quadrate dieser Eigenbewegungen wachsen, als ihre ersten Potenzen. Ich suchte demnach einen mathematischen Ausdruck für die durchschnittlichen Werthe der Quadrate der Eigenbewegungen einer Zone, deren sie begrenzende Kreise um den scheinbaren Ort des Schwerpuncts eines Globularsystems als Pol beschrieben sind und beliebige Abstände von diesem Pole haben. Iener Ausdruck enthält als Grössen, deren numerische Werthe zu substituiren sind, die jährliche Eigenbewegung des Schwerpuncts wie sie uns erscheint, und das Verhältniss des Abstands unserer Sonne vom Schwerpunct des Fixsternsystems zu der grössten Entfernung der Sterne von uns, deren Eigenbewegungen noch mit in Betracht gezogen sind. Die schein-

bare jährliche Eigenbewegung des Schwerpuncts nahm ich nach *Mädler* = 0″0673. Zur Bestimmung des gedachten Verhältnisses benutzte ich eine Gleichung zwischen diesem Verhältnisse, der Quadratwurzel aus dem durchschnittlichen Werthe der Quadrate der beobachteten Eigenbewegungen, und der Eigenbewegung des Schwerpuncts. Für die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Eigenbewegungen der Zonen von 1° bis 40° und 85° bis 95° Abstand von Alcyone fand ich 0″1421 und damit ergab sich aus der erwähnten Gleichung, dass der Halbmesser der Kugel, welche die in Rechnung genommenen Sterne umfasst, sich zum Abstande des Centralpuncts von uns verhält, wie 100 zu 108. Unter Benutzung dieser Zahlen ergiebt die Rechnung folgende Werthe für die Quadratwurzeln aus den durchschnittlichen Werthen der Quadrate der Eigenbewegungen, wenn die scheinbare Eigenbewegung des Schwerpuncts = 1,000 gesetzt wird.

Abstand vom scheinb. Ort des Schwerpuncts d. Globularsystems	Quadratwurzel aus d. durchschnittl. Werthe d. Quadrate d. Eigenbeweg.
1° bis 5°	1,001
5° „ 10°	0,996
10° „ 15°	0,991
15° „ 20°	0,982
20° „ 25°	0,971
25° „ 30°	0,959
30° „ 35°	0,946
35° „ 40°	0,939
85° „ 95°	0,973

Hieraus ersieht man, dass eine ununterbrochene Zunahme der Quadrate der Eigenbewegungen von Alcyone bis 90 Grad Abstand nicht allein nicht Statt findet, sondern dass im Gegentheil diese Quadrate von 1° bis 40° Abstand abnehmen und dass wenn später auch wieder eine Zunahme eintritt, doch die Eigenbewegungen für 90 Grad Abstand vom Schwerpuncte noch kleiner sind, als die des Schwerpuncts selbst. Hätte *Mädler* also einen gültigen Nachweis geliefert, dass, den Beobachtungen zu Folge, die Eigenbewegungen von Alcyone an bis 90 Grad davon ununterbrochen wachsen, so würde dieses (auch wenn man annehmen wollte, dass sich die Sterne nach *Mädler*'s Hypothesen bewegen) weit entfernt zu beweisen, dass der Schwerpunct des Fixsternsystems in der Alcyone

liege, vielmehr darthun, dass er dort nicht sein könne. Ich schloss daher meine Prüfung mit den Worten, dass nach dem, was *Mädler* zur Begründung seiner Behauptungen vorgetragen habe, es um nichts wahrscheinlicher sei, dass der Schwerpunct des Fixsternsystems nach den Plejaden, als nach irgend einer andern Richtung hin liege.

Im 14. Bande der Dorpater Beobachtungen hat Herr Staatsrath *Mädler* noch eine grössere Zahl von Eigenbewegungen für die Ableitung des Gesetzes ihrer Veränderungen mit dem Abstande von Alcyone in Rechnung genommen, als ihm früher zu Gebote gestanden hatten und zugleich eine Erwiederung auf meine früher ausgesprochenen Bedenken gegeben, die ich hier etwas näher beleuchten werde.

Zuvörderst findet Herr *Mädler* es unpassend, dass ich für die Beurtheilung der Sicherheit seiner für die Eigenbewegungen gefundenen Mittelwerthe die Abweichungen der einzelnen Eigenbewegungen unter einander als zufällige Beobachtungsfehler behandelt und darnach die wahrscheinlichen Fehler ihrer Mittelwerthe bestimmt habe. Er hält es nämlich nicht für gerechtfertigt, reel verschiedene Grössen, wie die Natur sie uns bietet, ganz so zu behandeln, wie man mit Beobachtungen desselben Gegenstandes verfährt (Dorpat. Beobb. Bd. 14 Seite 4). Als Grund giebt er an, dass man bei den Beobachtungen Versehen begehen könne, was die Ausschliessung einzelner Beobachtungen zuweilen rechtfertige, die die Natur aber nicht begehe. — Für den vorliegenden Fall ist es eigentlich ganz gleichgültig, welche Ansicht man hierüber hat, denn kein Unbefangener wird in der Reihe der Mittelwerthe der Eigenbewegungen, Seite 117, eine reelle Zunahme von der Alcyone an erkennen können, wenn er die wahrscheinlichen Fehler auch unberücksichtigt lässt. Allein ich kann es mir doch nicht versagen, über jene Aeusserung noch ein Paar Worte hinzuzufügen.

Wenn aus Beobachtungen das Dasein und der Umfang eines Phänomens nachzuweisen sind, so findet man letzteres meistens von störenden Einflüssen begleitet, die ihren Grund zum Theil in den Mängeln der zum Beobachten dienenden Instrumente und in der Unvollkommenheit der Sinne des Beobachters haben, zum Theil aber eine Folge von Naturkräften sind, deren Ursachen und Wirkungsart wir noch nicht kennen. So lange die Gesetze beiderlei Einflüsse un-

bekannt sind, hat man diese Einflüsse auf gleiche Weise als zufällige Fehlerquellen zu behandeln. Die Versehen, welche Herr *Mädler* als ein Merkmal der Beobachtungsfehler ansieht, sind gerade von dem Gesetz der Beobachtungsfehler ganz auszuschliessen, können übrigens so gut bei der Behandlung der öftern Beobachtungen desselben Gegenstandes, als reel verschiedener von der Natur dargebotener Grössen vorkommen. Im zweiten Theile seiner Untersuchungen über die Fixsternsysteme, Seite 194, giebt *Mädler* z. B. durch ein Versehen den durchschnittlichen Werth der Eigenbewegung der von ihm in Rechnung genommenen Sterne erster Grösse = 0″488 an, während derselbe in Wahrheit aus den von ihm benutzten Daten = 0″565 folgt. *Laplace* hat über die Untersuchung der Phänomene aus Beobachtung mit Rücksicht auf die eigentlichen Beobachtungsfehler und die zufälligen störenden Ursachen im 5. Capitel des 2. Buchs seiner Théorie analytique ausführlich und so gründlich, wie es von diesem grossen Geometer zu erwarten ist, gehandelt. Als Beispiel der Anwendung seiner Theorie zur Bestimmung des wahrscheinlichen Fehlers eines aus Beobachtung abgeleiteten Phänomens, nennt er die Bestimmung des Unterschiedes in den Barometerhöhen um 7 Uhr Morgens und 4 Uhr Abends, wo die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von dem Mittelwerthe nicht aus Beobachtungsfehlern, sondern aus der Einwirkung von Naturkräften hervorgehen, deren Gesetz sich noch nicht angeben lässt. Mit gleichem Rechte haben *Argelander*, *Plana* u. A. bei der Untersuchung der Richtung der Bewegung unsers Sonnensystems, die Abweichungen der Richtungen der Eigenbewegungen der einzelnen Sterne von den Richtungen die aus der alleinigen Annahme der Bewegung des Sonnensystems hervorgehen, gerade so behandelt wie zufällige Beobachtungsfehler, obgleich sie eine Folge der Bewegungen der Sterne im Raume sind, für deren Richtungen und Grössen wir jedoch die Gesetze noch nicht kennen und auf solche Weise aus jenen Abweichungen den wahrscheinlichen Fehler in der von ihnen entwickelten Lage des Apex abgeleitet. — Der Satz, Seite 4 im 14. Bande der Dorpater Beobachtungen: „Allein man ist noch viel weiter gegangen und hat, ganz wie bei Beobachtungen, die wahrscheinlichen Fehler (!) sowohl der einzelnen Bestimmung als des arithmetischen Mittels untersucht und darauf weitere Schlüsse

gebauet bei Sternparallaxen, Sternhelligkeiten, Eigenbewegungen und ähnlichen natürlichen Zahlenwerthen. Nie hätten *Gauss, Legendre, Bessel,* die Urheber und Begründer der Wahrscheinlichkeitsrechnung, dem Grundprincip derselben eine solche Anwendung gegeben", beweiset nur, dass Herr Staatsrath *Mädler* sich mit diesem Gegenstande nicht so vertrauet gemacht hat, als erforderlich ist, um richtig darüber urtheilen zu können. — Die Abweichung der einzelnen Quantitäten der Eigenbewegung von ihrem Mittelwerthe sind jedoch deshalb nicht in aller Strenge als zufällige Beobachtungsfehler anzusehen, weil die ein bekanntes Gesetz befolgende Bewegung unsers Sonnensystems von Einfluss darauf ist. Ich habe daher (Astron. Nachrichten Nr. 28 Seite 203) jene Quantität, so gut es anging, vom Einfluss der Sonnenbewegung befreiet, allein nahezu dasselbe Resultat für die Unsicherheit der Mittelwerthe erhalten.

In Betreff der Mittelwerthe der Quantitäten der Eigenbewegungen wirft *Mädler* mir noch vor, ich hätte die Evidenz des fortschreitenden Ganges derselben von Alcyone an dadurch geschwächt, dass ich die von ihm untersuchte Region in Zonen von 5 Grad Breite zertheilt hätte, während er für die Zonen eine Breite von 10 Grad genommen habe. Dieser von *Mädler* wiederholt erhobene Einwurf (in den Astron. Nachrichten Bd. 29 Seite 20, Beobachtungen der Dorpater Sternwarte Bd. 14 Seite 255) ist ganz grundlos. Herr *Mädler* hat zunächst um Alcyone bis 10 Grad Abstand gleichfalls den Zonen eine Breite von 5 Grad gegeben, und die spätern Zonen von 5 Grad enthalten durchgehends mehr Sterne als diese, geben also auch die Mittelwerthe immer noch mit einer grössern Sicherheit. Zudem hat die Zone, deren Eigenbewegung nach *Mädler* am Stärksten von denen in der Nähe von Alcyone abweichen sollte, auch bei mir eine Breite von 10 Graden. Der Einwurf muss an dem zweiten Orte um so wunderlicher erscheinen, da *Mädler* 8 Seiten später (Seite 263) selbst zugiebt, dass eine Zunahme der Quantität der Eigenbewegung in den um Alcyone construirten Zonen bis zu 90 Grad Abstand, nicht deutlich hervortrete.

Besonders ausführlich erörtert Herr Staatsrath *Mädler* meine theoretische Entwickelung des Gesetzes der Veränderung der Quadrate der scheinbaren Eigenbewegung aus seinen Annahmen über

ein Globularsystem. Seite 256 (Bd. 14 der Dorpater Beobachtungen) äussert er in dieser Beziehung, ein Datum meiner Gleichung, aus welcher ich das Verhältniss des Halbmessers der Kugel, welche die von ihm untersuchten Sterne umfasst, zum Abstand der Sonne vom Centralpuncte abgeleitet, sei der arithmetische Mittelwerth aus sämmtlichen Eigenbewegungen, der sich nach ihm zu 0″1020 jährlich ergäbe. Statt diesen anzuwenden, hätte ich das Mittel aus den Quadraten der Eigenbewegungen gesucht, hätte dessen Wurzel = 0″1421 gefunden und nun geglaubt, ein Recht zu der Annahme zu haben, dass trotz der grossen Verschiedenheit beider Werthe dennoch der eine für den andern Beweiskraft haben müsse. Er fügt noch hinzu, die eine von mir in der oft genannten Formel benutzte Zahl 0″0673 sei das von ihm gefundene einfache arithmetische Mittel für die scheinbare Bewegung des Schwerpuncts und das Quadrat der andern von mir gebrauchten Zahl 0,1421, sei das Mittel aus den Quadraten der Eigenbewegungen, und fragt, ob dass Grössen seien die man auf die gleiche Einheit beziehen und so anwenden könne, als wenn sie auf gleichem Wege ermittelt wären.

Es ist mir wirklich unbegreiflich, wie Herr Staatsrath *Mädler* eine so unrichtige Darstellung des von mir eingeschlagenen Verfahrens geben kann. Die Grösse, deren Werth ich in meiner Formel = 0″1421 gesetzt habe, ist, wie jeder aus der Entwickelung meiner Formel (Astron. Nachrichten Bd. 28, Seite 214 u. f.) ersehen kann und wie ich es ausdrücklich ausgesprochen habe, die Quadratwurzel aus dem durchschnittlichen Werthe der Quadrate der Eigenbewegungen. Hätte ich statt dessen, wie *Mädler* es will, den durchschnittlichen Werth der Eigenbewegungen selbst benutzt, so hätte ich gerade einen Fehler begangen. — Und was soll die Phrase, dass die Zahlen 0″0673 und 0″1421 nicht auf dieselbe Einheit bezogen werden könnten und nicht auf gleichem Wege ermittelt seien? — Sollte Herr Staatsrath *Mädler* wirklich nicht wissen, dass die Quadratwurzel aus der Summe von Quadraten mehrerer in Secunden ausgedrückten Bögen, und ein einzelner gleichfalls in Secunden ausgedrückter Bogen, dasselbe Maass zur Einheit haben und völlig homogen sind? Sollte ihm unbekannt sein, dass wenn man in eine Formel den numerischen Werth einer Grösse substituirt, es nur auf den Grad der Zuverlässigkeit dieses Werthes,

nicht aber auf den Weg ankommt der zu seiner Ermittelung geführt hat? — Beides ist nicht anzunehmen, und ich kann daher nur glauben, dass *Mädler* hier und an einigen andern zum Theil noch krassern Stellen sich mit seiner eignen Ueberzeugung im Widerspruch befunden hat.

Bei einer Revision meiner frühern Rechnungen finde ich übrigens, dass in der Ableitung des mittlern Werthes der Quadrate der Eigenbewegungen die stärksten Bewegungen, durch ein Versehen, nicht mitgenommen sind. Werden diese hinzugezogen, so wird die Quadratwurzel aus jenem mittlern Werthe = 0″2088, und das Verhältniss der Entfernung der entferntesten von *Mädler* untersuchten Sterne zur Entfernung des Schwerpuncts des Fixsternsystems von uns wie 100 zu 158. Durch Substitution dieser Zahlenwerthe in die von mir entwickelte Formel, erhält man folgende Werthe für die Quadratwurzel aus den mittlern Werthen der Quadrate der Eigenbewegungen:

Abstand der Zone von Alcyone	Quadratwurzel aus d. durchschnittl. Werthe d. Quadrate d. Eigenbeweg.
1° bis 5°	0,998
5° „ 10°	0,996
10° „ 15°	0,989
15° „ 20°	0,979
20° „ 25°	0,967
25° „ 30°	0,952
30° „ 35°	0,935
35° „ 40°	0,926
85° „ 95°	0,871

Also eine noch stärkere Abnahme von Alcyone aus, als ich früher gefunden.

Mädler hebt nun noch hervor, dass nach meiner Entwickelung aus seiner Annahme über die Bewegung im Globularsysteme der Schwerpunct aller Fixsterne ausserhalb der Kugel liege, welche die von ihm benutzten Sterne umfasst. Er findet dieses unwahrscheinlich, um nicht zu sagen unmöglich und folgert daraus, dass meine ganze Schlussfolgerung unstatthaft sei. — Ich folgere etwas ganz Anderes daraus. — In der That, wenn eine weitere Entwickelung einer Hypothese zu einem absurden Resultat führt, so ist dieses ein indirecter Beweis der Unrichtigkeit der zum Grunde

liegenden Annahmen, also hier ein neuer Beweis der Unhaltbarkeit der *Mädler*'schen Theorie.

In Bezug darauf, dass nach meiner mathematischen Entwickelung der *Mädler*'schen Hypothesen, die Eigenbewegung nicht von Alcyone an wachsen, behauptet *Mädler*, dass dieses von mir gefundene Resultat einen innern Widerspruch enthalte. Er meint, weil die absolute Bewegung eines Sterns, nach seiner Hypothese, mit der Entfernung von Alcyone wächst, so müsse auch die scheinbare Eigenbewegung, von uns gesehen, mit dem Winkelabstande von Alcyone wachsen, oder man müsse einen die letztere Zunahme verringernden Einfluss des Winkels zwischen der Richtung der Bewegung des Sterns und der Gesichtslinie annehmen, wozu nicht der mindeste Grund vorliege.— Allerdings liegt ein Grund dazu vor! *Mädler*'s Hypothese über die Bewegung der Fixsterne setzt voraus, dass die Sterne Kreisbahnen um den Centralpunct als Mittelpunct beschreiben. Die hierdurch bedingte Richtung der Bewegung ist bei der mathematischen Ableitung der Formel für die Eigenbewegung zu berücksichtigen, sowie auch die Richtung und Quantität der Bewegung des Sonnensystems. Dieses ist von mir bei der Ableitung meiner Formel geschehen. Es muss übrigens Wunder nehmen, dass *Mädler*, anstatt auf die mathematische Entwickelung dieser Formel einzugehen, dieselbe durch gehaltlose Redensarten glaubt widerlegen zu können, die er dazu noch so unklar als möglich ausspricht.

In dem öfter citirten 14. Bande der Dorpater Beobachtungen giebt *Mädler* die Resultate einer viel ausführlichern Vergleichung neuerer Sternpositionen mit ältern, als er seinen frühern Untersuchungen über die Sternbewegungen hat zum Grunde legen können. Die Zahl der von ihm angewandten Eigenbewegung, die früher 800 betrug, ist auf mehr als 2000 angewachsen. In Bezug auf die Lage des Centralpuncts haben sie nichts neues gelehrt, es sei denn, dass *Mädler* eine Zunahme der Eigenbewegung von Alcyone an jetzt in den Beobachtungen nicht mit Sicherheit ausgesprochen findet, wodurch eine der von ihm als die wichtigsten hingestellten Stützen seiner früher aufgestellten Theorie der Fixsternbewegung fällt.

Stellen wir uns jetzt *Mädler*'s Ideengang in Bezug auf die Be-

wegungen der Fixsterne mit seinen Widersprüchen nochmals übersichtlich vor Augen.

Mädler macht anfänglich die Annahme, jeder einzelne Fixstern werde von der Gesammtmasse der übrigen so angezogen, als wenn alle Sterne in Staub zertheilt und solcher gleichförmig im Raume einer Kugel von sehr grossem Durchmesser vertheilt wäre. — In der Wirklichkeit ist die Vertheilung der Massen eine ganz andere. Die Massen der Sterne und ihre Abstände von einander sind nicht als unendlich klein anzusehen, die Massen sind nicht von gleicher Grösse, nicht gleichförmig im Raume vertheilt und sind viel eher längs einer Schicht von verhältnissmässig geringer Dicke, als in einer Kugel ausgebreitet.

Mädler nimmt an, dass in dem zuerst erwähnten Globularsysteme die Sterne, in Folge der Anziehung zum Schwerpuncte des Systems, Kreise beschreiben und dass, da solche Kreise in gleichen Zeiten durchlaufen werden, die Geschwindigkeiten, mit der die Sterne sich im Raume bewegen, um so grösser sind, je weiter sie vom Schwerpunct abstehen. — Eine Kreisbewegung folgt für das supponirte System aber nicht aus der Anziehung zum Schwerpunct, sondern ist eine willkührliche Annahme. Es ist eben so gut möglich, dass in solchem Systeme die Sterne beim Durchgang durch den Schwerpunct die grösste Geschwindigkeit haben, als dass um diesen Punct nur die geringsten Geschwindigkeiten vorkommen sollten.

Nachdem *Mädler* seine Annahmen über die Bewegung im Globularsysteme aufgestellt hat, giebt er dieses System auf, indem er es für wahrscheinlicher hält, dass die Sterne längs einer Schicht von geringer Dicke vertheilt sind. Unter ganz irrthümlichen Voraussetzungen findet er, dass die Sterne in einer Schicht sich nach ähnlichen Gesetzen bewegen wie im Globularsysteme. — In Wahrheit hat er aber die Bewegungsgesetze in einer Schicht gar nicht erkannt und seine Annahmen darüber sind, wie *Gauss* sich ausdrückt, aus der Luft gegriffen.

Später kehrt *Mädler* wieder zum Globularsystem zurück und erklärt jede andere Annahme über die Vertheilung der Sterne für eine auszuschliessende Formlosigkeit, die Alles in ein Aggregat vereinigen würde. — Dennoch nimmt er die Gegend des Himmels, in welcher der scheinbare Ort des Centralpuncts zu suchen sei, so

an, wie er ihn aus einer Form der Sternschicht folgert, die er, wie so eben erwähnt worden, für eine Formlosigkeit erklärt.

Indem *Mädler* voraussetzt, dass die Sterne sich wie in einem Globularsysteme und zwar in Kreisen mit Geschwindigkeiten bewegen, die mit der Entfernung vom Schwerpuncte wachsen, sieht er es als selbstverständlich an, dass die scheinbaren von uns gesehenen Eigenbewegungen gleichfalls mit dem Winkelabstande von Alcyone bis 90° Entfernung wachsen müssen. — Die Rechnung ergiebt dagegen, dass unter Annahme der *Mädler*'schen Bewegungsgesetze, keine Zunahme, sondern vielmehr eine Abnahme der Bewegungen von Alcyone ab Statt finden müsste.

Mädler theilt nun eine Reihe von Mittelwerthen der Eigenbewegungen mit, die er aus Beobachtungen für mehrere, um Alcyone als Pol beschriebene Zonen abgeleitet hat. Er behauptet, dass diese Mittelwerthe von Alcyone an bis 90° Abstand davon wachsen, und sieht in dieser Uebereinstimmung der Beobachtungen mit den Folgerungen, die er aus seiner Theorie gezogen, einen Beweis der Richtigkeit der Theorie. — Eine nähere Prüfung der Mittelwerthe ergiebt jedoch, dass die gefundene Zunahme nicht grösser ist als ihre Unsicherheit, und dass mithin nicht das geringste Gewicht darauf zu legen ist. Indem *Mädler* diesen meinen Nachweis anfänglich nicht gelten lassen will, giebt er später selbst zu, dass die Beobachtungen eine Zunahme der Eigenbewegung von Alcyone an mit Sicherheit nicht zu erkennen geben.

Ein solches Gewebe von willkührlichen Annahmen und Widersprüchen bildet *Mädler*'s Theorie der Bewegungen der Fixsterne um Alcyone als Centralsonne! Man könnte fragen, weshalb ich in solcher Ausführlichkeit über die Unhaltbarkeit ein Hypothese mich ausgelassen habe, die in allen ihr zur Stütze dienenden Argumenten die Nichtigkeit schon in sich selber trägt. Mir erschien es jedoch schon aus den Umstand gerechtfertigt, weil jene Irrthümer, da ihr Urheber sich als populärer Schriftsteller einen Ruf erworben hat, eine weite Verbreitung gefunden haben. Auch hielt ich es der Würde der Wissenschaft angemessen, über die unwissenschaftliche Argumentationsweise, die Herr Staatsrath *Mädler* sich in dieser Sache erlaubt hat, indem er statt mathematisch begründeter Beweise, unbegründete Redensarten vortrug, meine Meinung unumwunden auszusprechen.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch von den Resultaten, zu welchen *Mädler* durch eine genauere Untersuchung der Eigenbewegungen der Fixsterne gelangt ist, hier eins mitzutheilen, dass sich durch die eigenthümliche Folgerung auszeichnet, welche derselbe daraus herleitet.

Mädler findet (Dorpater Beobachtungen Bd. 14 Seite 216):

Säcul.	Eigenbeweg.	eines	Sterns	1. u. 2.	Grösse	= 25″09	im	Mittel	aus 80	Stern.
„	„	„	„	3.	„	= 17,60	„	„	„ 200	„
„	„	„	„	4.	„	= 14,18	„	„	„ 348	„
„	„	„	„	5.	„	= 11,09	„	„	„ 690	„
„	„	„	„	6.	„	= 9,05	„	„	„ 994	„
„	„	„	„	7.	„	= 8,65	„	„	„ 921	„

Wenn die wirklichen Bewegungen der Sterne im Raume, in Bezug auf Grösse und Richtung, kein anderes Gesetz als das des Zufalls befolgten, und wenn dasselbe auch hinsichtlich der absoluten Leuchtkraft der Sterne der Fall wäre, so müssten die Mittelwerthe der Eigenbewegungen den Entfernungen, welche aus den Helligkeitsverhältnissen abgeleitet sind, nahezu umgekehrt proportional sein. Dieses findet jedoch, wenn man *Struve*'s Distanzen mit obigen Eigenbewegungen vergleicht, nicht statt. Letztere nehmen mit der Helligkeit langsamer ab, als es nach jenen Distanzen der Fall sein sollte. Nach *Struve* sind z. B. die Sterne 5. Grösse nahezu doppelt so weit von uns entfernt als die Sterne 3. Grösse; die Eigenbewegungen der erstern sollten daher unter obigen Annahmen sich zu den der letztern wie 1 zu 2 verhalten. Nach *Mädler* aber ist das Verhältniss nahezu wie 1 zu 1½. Noch grösser wird die Abweichung, wenn man die Sterne 1. und 2. Grösse mit den Sternen 7. Grösse vergleicht. Aus dieser Nichtübereinstimmung schliesst *Mädler* wie folgt:

„Von den beiden bisher als annähernd richtig betrachteten Sätzen:

α) Die Fixsterne sind gleichmässig durch den von ihnen erfüllten Raum vertheilt, und aus den scheinbaren Helligkeiten kann man unmittelbar auf die den einzelnen Grössenklassen durchschnittlich zukommende Entfernung schliessen; und

β) die wahren Eigenbewegungen sind, durchschnittlich genommen, in allen Himmelsregionen gleich stark;

ist mindestens einer gänzlich zu verwerfen."

In einer nicht gerade durch Klarheit sich auszeichnenden Erörterung kommt *Mädler* zu dem Resultat: es scheine nichts übrig zu bleiben als den Satz β gänzlich fallen zu lassen. Dagegen ergebe sich die Möglichkeit, dass der Satz α annähernd richtig sein könne. Erst die Zukunft werde jedoch entscheiden, ob die Massenfülle oder anderseitig die specifische Leuchtkraft für alle Himmelsgegenden in so weit gleich gesetzt werden könne, dass man berechtigt sei die etwa vorkommenden Abweichungen als eine locale zu betrachten.

Besondere Aufmerksamkeit verdient nun der Satz, den *Mädler* der ersten Folgerung beifügt. Dieser lautet so:

„Mit β fallen gleichzeitig alle Schlüsse, welche auf diese „Annahme gegründet waren, namentlich:

„Die Tables des parallaxes et distances am Schlusse von „*W. Struve*'s Etudes d'Atronomie Stellaire.

„Die von *Peters* gegebene mittlere Parallaxe 0″114 für die „Sterne zweiter Grösse (Recherches sur les parallaxes)" etc.

Nun beruht aber die Tafel der Distanzen der Fixsterne verschiedener Grössen, welche *Struve* in seinen Etudes gegeben hat und die ich bei der Ableitung der mittlern Parallaxe der Sterne zweiter Grösse benutzte, allein auf der Anzahl der Sterne verschiedener Grössenklassen und die Eigenbewegungen sind dabei gar nicht gebraucht worden. — Was soll man dazu sagen, wenn bei der Beurtheilung der Arbeiten Anderer, der Sachverhalt in solcher Weise unrichtig dargestellt wird, als es hier von *Mädler* geschehen ist?

Uebrigens ist die von *Mädler* behauptete Unvereinbarkeit der *Struve*'schen Distanzen mit den Eigenbewegungen noch durchaus nicht als erwiesen anzusehen. Auf die Eigenbewegungen schwächerer Sterne haben die Beobachtungsfehler verhältnissmässig einen viel grösseren Einfluss als auf die der hellern und es müsste die entsprechende Unsicherheit der *Mädler*'schen Zahlen erst ermittelt und berücksichtigt werden, bevor weitere Schlüsse auf diese Zahlen gebauet werden könnten. — *W. Struve* hat die Eigenbewegungen von 1662 Sternen von der bis zur 8. Grösse mit seinen Distanzen, unter Berücksichtigung der Beobachtungsfehler, ver-

glichen, und eine so nahe Uebereinstimmung gefunden, als nach der Unsicherheit der Eigenbewegungen nur erwartet werden konnte. (Stellarum fixarum positiones medium. Auctore *F. G. W. Struve.* Petropoli 1852, p. CLXXXIII.)

Bemerkungen über einige Veränderliche

von

Dr. *Hencke* in Driesen.

In $14^h 28^m 7$ AR $5°32'5$ Pol-Distanz pro Aeq. 1855 befindet sich jetzt ein Stern von etwas mehr als 9—10. Grösse, welcher, so weit meine Kunde reicht, nie dort gesehen worden ist; er war am 17ten Septbr. 1858, wo ich ihn zuerst sah, von 8. Grösse, wie sein 10′ fast nördlich entfernter Nachbar (Nr. 2165 des Redhill-Catalogs, wo selbiger nur mit 8—9. Grösse notirt ist); am 24sten und 25sten ejd. war jener beinah 7—8. Grösse, also heller wie gedachter Nachbar; am 28sten ejd., ferner den 2ten und 6ten October war er wiederum 8. Grösse; am 16ten Octbr. nur 8—9. Grösse; am 26sten ejd. 9. Grösse und am 11ten d. M. etwas heller als 9—10. Grösse, sonach scheint er bald verschwinden zu wollen und zwar auf längere Zeit, wenn nicht für immer; denn in meinen frühern Karten, worin ich seine Nachbarn fast bis zur 10. Grösse alle verzeichnet und seit Jahren öfter revidirt hatte, fehlt er, obgleich ich ihn sicher nicht übergangen haben würde, wenn er mir je sichtbar gewesen wäre.

Ueberdies fehlt er in dem Redhill - Catalog und der zugehörigen Karte, ungeachtet diesen Arbeiten eine besondere Genauigkeit und Vollständigkeit wohl nicht abzusprechen sein dürfte; nächstdem fehlt er auch in der Polar-Karte des Herrn Prof. *Schwerd* von 1826—29. Ich leistete hievon an geeigneter Stelle vor einiger Zeit Anzeige, weiss aber nicht, ob und wie der Sache Folge gegeben worden; vielleicht giebt diese Notiz zu baldigen weitern Beobachtungen Veranlassung.

Ferner glaube ich einen veränderlichen Stern in Nr. 1902 des Redhill-Catalogs

9,4. Grösse $12^h 44^m 14^s$ $7°30'16''$ Polar-Distanz

erkannt zu haben; auf meiner ältern Karte stehen seine Nachbar Sterne 9. Grösse Nr. 1886, 1891 und 1906 schon längst verzeichnet, keineswegs aber jener Nr. 1902, welcher doch nur resp. 5′5 und 8′ von ihnen entfernt ist; er hat jetzt die 8. Grösse erreicht, wird aber wahrscheinlich vor mehreren Jahren für mich gar nicht sichtbar gewesen sein; übrigens steht er auch nicht auf der *Schwerd*'schen Polar-Karte.

Der Stern 8—9. Grösse, welchen Herr Prof. *Argelander* in seinen Bonner „Beobachtungen" Seite 88, Zone 45, Nr. 54 als „sehr roth" angegeben und welcher im *Oeltzen*'schen Catalog unter Nr. 22734 als pro Aeq. 1842 in 21^h37^m4 AR $+77°54'43''$ D stehend sich verzeichnet findet, wurde von mir unter andern am 10ten Mai und im September 1855 mehrere male völlig vermisst, obgleich einige andere nicht catalogisirte Sterne von 9. und 9—10. Grösse in der Nähe jener Stelle wohl vorhanden waren; dagegen sah ich denselben am 18ten October 1858 richtig in 8—9. Grösse an seinem Orte und zwar auch in schönem dunkel-rothem Lichte; demnach wird auch dieser Stern zu den veränderlichen gehören und genauere Beachtung verdienen.

Wenn nun überhaupt auf röthliche Sterne besonders zu achten sein dürfte, so erlaube ich mir noch die Bemerkung, dass der Stern 8. Grösse, Zone 34, Nr. 38 (Seite 65 der *Argelander*'schen Beobachtungen), nemlich Nr. 19297 des *Oeltzen*'schen Catalogs mir nicht „sehr roth", sondern nur schwach röthlich erschien, dagegen Zone 34, Nr. 37 = Nr. 19336 ein Stern 6—7. Grösse im grellen dunkel-roth sich zeigte; wahrscheinlich hat hier eine Verwechselung der Nr. 37 und 38 stattgefunden.

Beiträge zur Biographie von *F. W. Bessel.*

Von

M. Wichmann.

Vorbemerkung vom Herausgeber.

Die nachfolgenden Bruchstücke einer Biographie von *Bessel* sind mir von Herrn Professor *Erman* zur Publication in diesen Blättern zugesandt worden. Bei dem Interesse, welches jede Kunde aus *Bessel*'s Leben den Freunden der Wissenschaft gewähren muss, werden diese Mittheilungen den Lesern der Zeitschrift ohne Zweifel willkommen sein. Indem sie ein letztes Andenken von *Wichmann* bieten, gewähren sie zugleich eine Ergänzung zu der bekannten, leider unvollendeten, Selbstbiographie von *Bessel.* Durch seine Beziehungen zu *Bessel* und dessen Familie, sowie durch den Einblick in die hinterlassenen Papiere *Bessel*'s hat *Wichmann* sich eine umfassende und getreue Vorstellung der ersten Entwicklungsperiode unseres grossen Astronomen bilden können. Er scheint den Plan gehabt zu haben, die von ihm gesammelten Nachrichten in einer ausführlichen Biographie niederzulegen, aber sein Tod hat die Fortsetzung und Vollendung der begonnenen Arbeit verhindert.

P.

Einleitung.

In den so überaus anziehenden und interessanten Notizen, welche *Bessel* selbst in den letzten Wochen seines Lebens über die erste Entwicklungszeit seiner astronomischen Laufbahn aufge-

zeichnet hat *), ist uns ein klares und anschauliches Bild von dem Wege entworfen, der ihn zur Astronomie hingeführt hat. Abneigung gegen die ihm zweck- und erfolglos scheinenden Studien der alten Sprachen treibt ihn von dem Gymnasium hinweg, Neigung und Fertigkeit im Rechnen und das Streben, practische, nutzenbringende Kenntnisse sich zu erwerben, lassen ihn zum Kaufmannsstande tauglich erscheinen und so wird er als 14½jähriger Knabe in einem grossen Handlungshause in Bremen als Lehrling untergebracht. In den beiden ersten Jahren scheint er sich daselbst ausschliesslich mit der Erlernung der Handelsgeschäfte und der Erwerbung solcher Kenntnisse, welche damit in Verbindung stehen, als Waarenkunde, fremde Sprachen, Geographie und mit dem Lesen von Reisebeschreibungen und dergl., beschäftigt zu haben. Mit welchem Eifer und Erfolg er solche nützliche Studien getrieben haben muss, lässt sich theils daraus abnehmen, dass er, obwohl zu 7jähriger unentgeltlicher Lehrzeit verpflichtet, doch schon am Ende des ersten Jahres eine Remuneration von 5 Frd'or erhielt, welche beständig vergrössert in dem Jahre 1805, dem letzten und siebten Lehrjahre, welches er im *Kulenkamp*'schen Handlungshause verlebte, auf 30 Frd'or gestiegen war, theils aus der Art und Weise, wie er seine ersten astronomischen Studien betrieben hat Als Ueberreste jener kaufmännischen Studien des jugendlichen Lehrlings sind nur noch einige von ihm angefertigte Landkarten und gesammelte Notizen vorhanden, aber die unmittelbar darauf folgenden und noch vorhandenen astronomischen Studien und Arbeiten zeigen, wie gründlich, wissbegierig, mit welchem Eifer *Bessel* damals Alles studirte, was zu irgend einem Zwecke ihm nützlich schien, und wie er immer nach der Anwendung der gesammelten Kenntnisse strebte. — Auch das dritte Jahr seiner Lehrlingszeit, das Jahr 1801, scheint noch ganz ohne astronomische und mathematische Studien geblieben zu sein, denn aus den noch vorhandenen Papieren gehören die ersten auf Nautik und Mathematik bezüglichen Gegenstände alle dem Jahre 1802 an, so dass erst in diesem Jahre die Absicht, Cargadeur einer Handelsexpedition zu werden, und daraus der Wunsch, sich

*) Briefwechsel zwischen *Olbers* und *Bessel*, herausgegeben von *A. Erman*.

nautische Kenntnisse zur Ermittelung des Laufes des Schiffes zu verschaffen, in ihm erwacht sein wird. Dieser Wunsch wurde, wie *Bessel* selbst erzählt, die Veranlassung, die Astronomie mit Hülfe eines populairen Lehrbuches näher kennen zu lernen, und sich auf die zum weiteren Eindringen in deren Lehren und deren Anwendung zu nautischen Zwecken nothwendige Mathematik zu legen. Die Nützlichkeit und Nothwendigkeit derselben erkannte er zuerst aus *Bohnenberger*'s „Anleit. zur geogr. Ortsbestimmung". Die Anschaffung dieses Buches, welche vielleicht in die Mitte des Jahres 1802 fiel, muss man als den Wendepunct in *Bessel*'s Leben betrachten; dies Buch war wenigstens die äussere Veranlassung, die den Lehrling der Handlung sofort in einen practischen beobachtenden Astronomen verwandelte. Von den sieben Lehrjahren, die *Bessel* in Bremen verlebte, gehört daher die Hälfte ganz ausschliesslich dem Handelsstande an, die andere Hälfte aber schon so vollständig der Astronomie, dass *Bessel* damals immer noch äusserlich Handlungslehrling, in Wirklichheit aber schon der studirende und beobachtende Astronom war, wenngleich der Wunsch und die Absicht, für immer ausschliesslich Astronom zu werden und zu bleiben, erst zwei Jahr später erwachte, als er mit *Olbers* in persönliche Bekanntschaft und nahe Beziehung trat. —

Wir sehen also *Bessel* in einem Alter von nahe 18 Jahren sich zuerst der Astronomie nähern und in seinen mathematischen Kenntnissen zu jener Zeit etwa auf der Stufe, auf welcher ein Tertianer oder Secundaner unserer Gymnasien steht *). Zwei Jahr später, im Sommer 1804, überreicht er *Olbers* die Arbeit über den Kometen von 1607, durch deren Veröffentlichung in der Monatl. Correspondenz von *Zach* der bisher völlig unbekannte junge Mann plötzlich wie ein glänzendes Meteor in der Reihe der Astronomen auftaucht. Wiederum zwei Jahre später ist er bereits angestellter Astronom auf *Schröter*'s Sternwarte in Lilienthal, nicht nur bekannt, sondern schon berühmt durch vortreffliche Arbeiten, und was mehr sagen will, in den mathematischen und astronomischen Wissenschaften bereits so hoch gestiegen, dass er das Werk,

*) *Bessel* erwähnt 1803, October 30., in einem Briefe an *Thilo,* dass ihm die Theorie der sphärischen Dreiecke so schwierig vorgekommen sei.

welches damals jedenfalls den Gipfelpunkt der Astronomie bildete, die „Mécanique céleste“ von *Laplace* (von der damals nur die beiden ersten Bände erschienen waren) nicht nur durchstudirt hat, sondern auch auf Probleme, wie die Bestimmung der Figur des Saturns nach den Gesetzen der Gravitationstheorie (vielleicht das schwierigste der ganzen Astronomie) anzuwenden im Stande ist.

Diese ganz unglaublich rasche Entwickelung seiner mathematischen Ausbildung, verbunden mit einer gleichzeitigen, schon für sich allein betrachtet, im hohen Grade bewunderungswürdigen Fruchtbarkeit an gediegenen schwierigen und zeitraubenden Arbeiten, die Neigung und Fertigkeit, ihm bekannt gewordene analytische Methoden in numerischen Rechnungen fruchtbringend für gesuchte Resultate zu machen und dazu noch eine bei den Freunden wahrer wissenschaftlicher Gelehrsamkeit immer sehr seltene ausserordentlich grosse practische Geschicklichkeit in mechanischen Manipulationen und Arbeiten: das sind die schon in den ersten Jahren seiner astronomischen Laufbahn hervortretenden Eigenschaften, aus denen *Bessel*'s bowunderungswürdiges und glänzendes Genie deutlicher und heller hervorleuchtet, als aus der langen und schönen Reihe seiner spätern Arbeiten.

Bei dem Vorhandensein so vieler Talente, und grade solcher Talente, die sich selten vereinigt finden, bedurfte es nur eines langen Lebens, verbunden mit der erforderlichen Gesundheit und Gelegenheit zur astronomischen Thätigkeit, um *Bessel* zu dem zu machen, was er für die Astronomie geworden ist, d. h. zu Demjenigen, der alle seine Zeitgenossen an Fruchtbarkeit weit übertraf und vielleicht alle Astronomen künftiger Zeiten übertreffen wird, und dessen Erfolge für die ganze Entwicklung der Wissenschaft massgebend gewesen sind.

Es hat grössere mathematische Genies gegeben als *Bessel* war, und *Bessel* selbst beugte sich jederzeit vor dem eminenten Genie seines hochverehrten Freundes *Gauss;* auch ist *Bessel,* der die Mathematik niemals als Zweck, sondern als Mittel für seine Arbeiten ansah, später nur noch wenig in seiner mathematischen Ausbildung vorgeschritten, so dass er in die von seinen Zeitgenossen geschaffenen neuen Lehren und Erweiterungen nur theilweise, wie es ihm grade Bedürfniss war, eingedrungen ist, indem sein stets auf das Einsammeln astronomischer Facta und auf die

Erlangung und Feststellung bestimmter und zuverlässiger Resultate gerichtetes Streben alle seine Zeit in Anspruch nahm. Allein die Masse der von ihm gelieferter Arbeiten, sowohl solcher, durch die er mit eminenter Ausdauer und Sorgfalt in Beobachtung wie Rechnung die Fülle astronomischer Thatsachen vermehrt hat, als auch gleichzeitig solcher, in denen sein erfinderischer Geist bei Anwendung mathematischer Probleme, wie bei Benutzung astronomischer Instrumente durch Auffindung neuer und zweckmässiger Methoden hervorleuchtet, ist so gross, die Fülle der von ihm „gesammelten Früchte" ist so umfassend und mannigfaltig, dass Derjenige, der sie alle überblickt und die Zeit und Kraft, welche sie erfordern, erwägt, es für ganz unmöglich halten würde, dass ein Mensch in 42 Jahren so viel zu leisten im Stande war, wenn *Bessel* nicht wirklich so viel geleistet hätte. Und wer die von *Bessel* vollgeschriebenen Folianten mit den Millionen, theils aus Beobachtung, theils aus Rechnung gewonnener Zahlen durchblättert, in denen das Walten seines mächtigen, auf eigner selbstgeschaffner Bahn mit sicherm Schritt fortwandelnden Geistes überall so augenfällig hervortritt, der wird stets gern in die Behauptung einstimmen, dass *Bessel* eine der seltensten und grossartigsten Erscheinungen in der Geschichte der Astronomie war und dass er, wenn er auch in Einzelheiten von Diesem oder Jenem übertroffen ist oder werden wird, doch in seiner Gesammtheit als Astronom kaum jemals seines Gleichen finden dürfte.

Grosse hervorragende Geister, welche die Lehrer ihrer Zeitgenossen werden, die Wissenschaft ungewöhnlich erweitern und reformiren, sind stets mehr oder weniger, meist ganz Autodidacten; bei den gewöhnlichen Lehrern finden sie wohl Anregung, aber keine Befriedigung, erreichen und überflügeln bald deren Standpunkt, und was sie Grosses und Ungewöhnliches leisten, quillt aus eignem Born des wahren Genies hervor. So auch *Bessel;* der in Bremen noch lange fortgesetzte Briefwechsel mit seinem früheren Lehrer *Thilo* (derselbe, dessen Fürsprache ihn von dem Studium der todten Sprachen befreite), war für ihn wohl anregend, lieferte aber keine Belehrung, und seine ganze mathematische Ausbildung erlangte *Bessel* allein durch selbst gewähltes und einsames Studium der mathematischen Bücher ohne Hülfe irgend eines Lehrers. Noch mehr Autodidact war *Bessel* aber in der

practischen Astronomie, wo er, vielleicht mit Ausnahme einiger belehrenden Gespräche von *Olbers* in Beziehung auf Spiegelsextanten und Kreismikrometer, Alles seinem eignen Talent, seiner eignen Geschicklichkeit und seiner Erfindung verdankte, und schon die ersten Beobachtungen, welche *Bessel* mit seinem von ihm selbst angefertigten Sextanten anstellte, zeigen auf eine überraschende Weise, dass er, wie man zu sagen pflegt, zum Astronomen geboren war, um so mehr, da sich zu diesen schönen Talenten auch die angeborene Liebe zur Astronomie gesellte, die Freude an astronomischer Beschäftigung, Beobachtung und Rechnung, und der Drang, die schönen Resultate dieser erhabenen Wissenschaft nicht blos kennen zu lernen, sondern auch selbst solche zu finden. Auch ist *Bessel* von keiner andern Wissenschaft jemals mehr angezogen worden, keine andere Beschäftigung hat ihm jemals mehr Freude und Genuss verschafft, als eben das Durchdringen zu neuen Resultaten und die Erweiterung und Verbesserung des früheren astronomischen Materials, so dass wohl nicht bezweifelt werden kann, dass wenn nicht das Studium der Nautik, so doch über kurz oder lang irgend eine andere Veranlassung ihn zur Astronomie geführt haben müsste, gleichwie der mächtige Strom doch schliesslich das Meer erreicht, auch wenn er anfangs von demselben sich zu entfernen scheint. *Bessel* selbst spricht sich über diesen Punkt, nachdem er den Weg, der ihn gleichsam zufällig zum Astronomen machte, beschrieben hat, dahin aus, dass er es nicht zu entscheiden wage, ob nicht eine andere Veranlassung ihn doch zu demselben Ziele geführt haben würde, und dass wenigstens schon früher in ihm der Wunsch erwacht war, die Rechnungen der Astronomen begreifen zu können. Was aber unstreitig sehr viel Einfluss darauf gehabt hat, dass *Bessel* sich frühzeitig ganz der Astronomie widmete und widmen konnte, ist der Umstand, dass der glückliche Zufall ihn gerade nach Bremen führte, wo *Olbers* lebte und gleichsam die Astronomie lebendig repräsentirte, so dass, wenn *Bessel* auch erst später mit *Olbers* in persönliche Bekanntschaft trat, doch *Olbers'* Nähe mächtig auf ihn eingewirkt haben muss. In wie hohem Grade ihn aber die Astronomie schon früher interessirt haben muss, sehen wir am Besten daraus, dass er schon in seinem 13ten Jahre sich selbst, ohne Lehrer, nur mit Hülfe einer Sternkarte mit den Sternbildern des

Himmels bekannt machte*), gleichsam das astronomische ABC, womit wohl die meisten Jünger der Astronomie ihre Studien in

*) Die ausserordentliche Kraft und Schärfe von *Bessel*'s Augen, die ihm damals die Sterne ε und 5 Lyrae getrennt zeigten, hat sich, wenn auch, wie er selbst sagt, allmälig etwas abnehmend, doch bis an sein Lebensende in wunderbarer Fülle erhalten, so dass alle die Anstrengungen seiner unzähligen Beobachtungen und der nächtlichen Arbeiten fast spurlos an ihm vorübergegangen waren. Die in seinem 61sten Jahre geführten Rechnungen sind oft so klein geschrieben, dass es für ein gewöhnliches scharfes und gesundes Auge anstrengend ist, dieselben zu lesen, und seine letzten Beobachtungen sind mit so schwachen Bleistiftsstrichen aufgezeichnet, dass sie sich ebenfalls nur mit Mühe lesen lassen. Noch bei starker Dämmerung konnte *Bessel* im hohen Alter ohne Mühe lesen und das Licht seiner Arbeitslampe war ihm leicht zu hell, so dass er es dunkler machte, weil der Glanz und die grosse Helligkeit seinem wenig Licht bedürfenden Auge unangenehm war. Durch die so häufige Unthätigkeit des linken Auges, indem bei den Beobachtungen nur das rechte in Anspruch genommsn wurde, geschah es leicht, dass sich die Richtungen der Augenachsen nicht immer auf den angesehenen Gegenstand concentrirten, das linke Auge blieb unthätig und so konnten zwei nebeneinander sitzende Personen leicht zweifelhaft werden, welche von Beiden von ihm eigentlich angesehen wurde. Dies hat sich indessen wohl erst in den späteren Jahren eingestellt.

Die letztere Annahme von *Wichmann* ist nicht ganz richtig. *Bessel* erzählte mir schon im Juni 1827, dass sein linkes Auge bedeutend kurzsichtiger sei als das rechte, und dass er versucht habe, durch Anwendung einer Concavlinse vor diesem Auge, dasselbe dem rechten gleich und dadurch beim Lesen und Schreiben die beiden Augen wieder thätig zu machen. Dieser Versuch sei aber nicht gelungen, und er fahre daher fort, fast immer nur das rechte Auge zu gebrauchen. — In spätern Jahren, und namentlich 1840 und 1842, sprach er oft die Ueberzeugung aus, dass, wenn nicht die meisten Menschen, so doch ein sehr grosser Theil derselben, sich, ohne es zu wissen, nur eines Auges bedienten. Den Beweis dieses Umstandes, der darin liegt, dass die optische Coincidenz zweier in verschiedenen Entfernungen gelegener Punkte für die betreffenden Personen nur durch Schliessung des gewöhnlich thätigen Auges aufgehoben wird, aber nicht durch Schliessung des anderen, habe ich seitdem sehr oft zur Prüfung von *Bessel*'s Behauptung angewendet. Dies ist in der That so richtig, dass die jetzt viel besprochene Existenz und angebliche Wichtigkeit des sogenannten Horopter und des stereoskopischen Sehens für solche Personen jede Begründung verlieren. *Erman*.

einem noch sehr jugendlichen Alter, wo mehr die Phantasie als der Verstand durch die Resultate und Lehren der Astronomie angezogen wird, beginnen.

So sehen wir *Bessel*, wenngleich scheinbar zufällig durch Verfolgung eines seinen Beruf als Kaufmann betreffenden Zweckes in die Astronomie gerathen, im Grunde doch als den gebornen Astronomen, der, von dem innersten Drange beseelt, durch eigene Arbeiten die Wahrheiten der Astronomie kennen zu lernen und mit angebornem Talent zu astronomischen Arbeiten begabt, unwiderstehlich von ihr angezogen wird, so dass er nach Vollendung der siebenjährigen Lehrzeit in Bremen mit Freuden die ihm nun zufallende Stelle eines Handlungsgehülfen mit einem Gehalt von 6—700 ℛ𝓉 aufopfert, um sie mit der Inspectorstelle an *Schroeter*'s Sternwarte zu vertauschen, die ihm nur ein Gehalt von 100 ℛ𝓉 gewährte, aber dafür seine Lieblingsarbeiten ihm zur alleinigen Pflicht machte. Vier Jahre in dieser Stellung machten ihn schnell zum berühmten Astronomen und verschafften ihm nebst anderen ehrenvollen Auszeichnungen und Anerbietungen in seinem 26sten Jahre die Stelle in Königsberg. Was er dort in den übrigen 36 Jahren seines Lebens geleistet, wie er gelebt und gewirkt, davon geben die zahlreichen gedruckten Arbeiten genügende Kunde, und zu der reichhaltigen Reihe derselben bildet wenigstens bis zum Jahre 1839 sein bereits publicirter Briefwechsel mit *Olbers* einen lehrreichen und interessanten Commentar, der eine eigentliche wissenschaftliche Biographie fast überflüssig macht.

Aber bei allen grossen hervorragenden Männern, deren späteres Leben durch eine ununterbrochene Reihe bekannter Handlungen oder gedruckter Arbeiten genügend anschaulich gemacht ist, bleibt die Zeit ihrer eigentlichen Entwickelung, die Jahre ihres Lebens, welche sie zu Dem gemacht haben, was sie später waren, immer von ganz besonderem Interesse, denn hier treten die Keime, welche so grossartige Früchte trugen, zuerst an's Licht. Gewöhnlich ist freilich diese Zeit der Entwicklung in unbekanntes Dunkel gehüllt, nur theilweise zugänglich, allein für *Bessel*'s Leben gestatten die noch vorhandenen Papiere, Dank der kaufmännischen Schule, in welche er sich befand, eine fast vollkommene Anschauung seiner Ausbildung, und liefern zu der von ihm selbst entworfenen Skizze noch mannigfache interessante Zusätze und

einen inhaltsreichen Commentar. Nicht nur, dass *Bessel* mit wunderbar richtigem Takt alle seine astronomischen Beobachtungen und Rechnungen in noch vorhandene fortlaufende Tagebücher eintrug und sie auf diese Weise in chronologischer Ordnung beisammen erhielt, sondern nach Art der Kaufleute schrieb er auch alle seine Briefe, welche wissenschaftliche Gegenstände betrafen, in ein dazu bestimmtes Conceptbuch, und auf diese Weise ist jedenfalls der grössere Theil seiner astronomischen Briefe aus Bremen und Lilienthal erhalten, eine fortlaufende Reihe von 102 Briefen, welche sich vom Februar 1803 bis zum October 1807 erstrecken. Später scheint *Bessel* diese Concipirung seiner Briefe unterlassen zu haben, weil sie ihm vermuthlich zu viel Zeit raubte, aber die vorhandenen umfassen doch wenigstens gerade die wichtige Epoche des Uebergangs von dem Kaufmann zum Astronomen, und zeigen zugleich in interessanter Weise, wie gleichsam als äusseres Merkmal dieser Umwandlung auch *Bessel*'s Handschrift sich ebenfalls später vollständig umwandelte. Seit dem Jahre 1811 bediente sich *Bessel* ausschliesslich der lateinischen Schrift, die, in späteren Jahren noch kleiner und zierlicher werdend, sich stets durch ausserordentliche Deutlichkeit auszeichnete*); die Briefe aus Bremen dagegen mit deutscher Schrift, gross und ebenfalls sehr deutlich geschrieben, tragen ganz das Gepräge der kaufmännischen Geschäftsschrift, so dass Niemand sie für die Schrift derselben Hand halten würde, welche später so wichtige astronomische Schriften schuf, so wenig, als wohl in den ersten drei Jahren seiner Lehrzeit in Bremen irgend Jemand in dem geschäftskundigen Lehrling den spätern Astronomen gesucht haben würde.

Jene in Bremen und Lilienthal geschriebenen Briefe und die gleichzeitig geführten astronomischen Tagebücher, so wie die Compendien, in denen die Ausarbeitung grösserer Arbeiten und die dazu gehörigen Rechnungen sich befinden, sind die Quellen, aus denen geschöpft wurde, das im Folgenden entworfene Bild des

*) Als ein interessantes Beispiel des väterlichen Einflusses mag hier erwähnt werden, dass die ebenfalls lateinische Handschrift des Sohnes *Wilhelm Bessel* in der Zeit, als derselbe in Königsberg studirte und namentlich auch Astronomie trieb, der Handschrift des Vaters so sehr ähnlich war, dass man beide, wenn man sie nicht neben einander hat, leicht verwechseln könnte.

jungen *Bessel* zusammen zu stellen, anziehender freilich für Den, der in jenen Quellen selbst das lebende Genie erblickt und beobachtet hat, als für den Leser dieser Blätter, der nur das nach jenem Leben abgespiegelte fixirte und unbeweglich gewordene Bild sich vorgeführt sieht. —

I. Epoche.

Astronomische Arbeiten und Studien vor der persönlichen Bekanntschaft mit *Olbers*.

1802 bis August 1804.

(Lebensalter 18tes und 19tes Jahr.)

Die vorhin erwähnten Briefe sind in den Jahren 1803 und 1804 mit wenigen Ausnahmen sämmtlich an *Bessel*'s früheren Lehrer *Thilo*, Prorector am Gymnasium zu Minden, gerichtet, nämlich 19 im Jahre 1803, 3 im Jahre 1804; im Ganzen finden sich 31 Briefe an *Thilo* vor, der letzte noch aus Bremen im Januar 1806. In den von *Bessel* selbst aufgezeichneten biographischen Notizen heisst es: „Thilo war Enthusiast für Mathematik und Naturlehre, dabei aber, wie ich später leicht habe erkennen können, höchst unwissend trotz des Besitzes eines thätigen speculirenden Verstandes.“ Nach diesen und den folgenden Worten würde man die ausserordentliche Liebe und Veechrung, mit welchen der junge *Bessel* an diesem Lehrer hing und die sich in jedem Briefe so lebendig, nicht selten in fast überschwenglicher Weise ausspricht, nicht erwarten, so wenig, als dass diese kindliche Zuneigung auch dann noch längere Zeit fortdauerte, als *Bessel* jedenfalls längst seinen früheren Lehrer an Kenntnissen weit übertraf. Der Briefwechsel mit *Thilo* gerieth nicht etwa in's Stocken, weil *Bessel* ihn vernachlässigte, sondern nur durch *Thilo*'s Saumseligkeit in der Beantwortung von *Bessel*'s Briefen, für den es stets ein Bedürfniss gewesen zu sein scheint, dem ehemaligen Lehrer und älteren Freunde seine Arbeiten und Resultate mitzutheilen, gleichwie dies in seinem späteren

Leben mit *Olbers* geschah. *Thilo* wurde im November 1803 als Kammersecretair von Minden nach Münster versetzt; ob ihm dort der neue Wirkungskreis weniger Zeit liess, sich mit astronomischen und naturwissenschaftlichen Dingen zu beschäftigen, oder ob *Bessel*'s Briefe ihm schon zu gelehrt geworden waren, oder was sonst ihn veranlasste, seine Antworten Monate lang zu verzögern, lässt sich nicht weiter ermitteln, da seine Briefe an *Bessel* nicht mehr vorhanden sind. Die astronomischen Beschäftigungen *Thilo*'s, der ein eifriger Leser der Monatl. Correspondenz von *Zach*, des *Bode*'schen Jahrbuchs und anderer verwandten Schriften gewesen sein muss, scheinen sich gern auf dem Felde der metaphysischen Astronomie bewegt zu haben, wenn wir damit die Richtung bezeichnen, in welche *Keppler* gerieth, als er die Abstände der Planetenbahnen mit den fünf regulairen Körpern in Verbindung bringen wollte, die Bemühungen, welche Gesetzmässigkeiten durch ungenügende Empirie aufsuchen, die mit den bekannten einfachen Naturgesetzen in keine Verbindung zu bringen sind. Ein Brief von *Bessel* an *Thilo* vom 12. März 1805 bezieht sich wenigstens auf eine solche Entdeckung, die *Thilo* in Beziehung auf die Rotationszeit der Planeten, die eine Function der Entfernung von der Sonne sein sollte, gemacht zu haben glaubte, und scheint den jungen *Bessel* in die unangenehme Lage versetzt zu haben, seinem geliebten Lehrer, den er sich selbst damals wahrscheinlich noch weit überlegen glaubte, Zweifel gegen die Richtigkeit eines von demselben aufgestellten Satzes mitzutheilen, die genügend beweisen, dass *Bessel* zwar die vermeintliche Entdeckung für wichtig hielt, im Falle sie sich theoretisch würde beweisen lassen, übrigens aber nicht an ihre Zuverlässigkeit glaubte. Er schliesst daher die Betrachtungen darüber mit den Worten: „Ihre Formel ist, wenn sie sich auch nicht sollte beweisen lassen, immer merkwürdig und sie verdient allerdings, dass Sie sich mit dem Beweise derselben beschäftigen." Indessen auch wirklich wissenschaftliche Untersuchungen verfolgte *Thilo*, z. B. Untersuchungen über Massenbestimmung der Himmelskörper, wenngleich die Wege, die er einschlug, wohl eben nicht zweckmässig gewesen sein mögen. So scheint er die Masse des Mondes aus Fluthhöhen haben bestimmen wollen und sich deshalb von *Bessel* Beobachtungen über die Fluth in Bremen und Cuxhaven erbeten zu haben.

Wichtiger dagegen in Beziehung auf ***Bessel*** ist vielleicht der Umstand gewesen, dass ***Thilo*** sich mehrfach mit Saturn beschäftigte und darüber einen Aufsatz schrieb, den er ***Bessel*** mittheilte und der die Bestimmung der Masse des Saturnringes zum Gegenstande gehabt zu haben scheint. „Ich soll Ihnen sagen," schreibt ***Bessel*** am 2ten April 1803, „was mir in ihrem schönen Aufsatze über die Saturnsringe dunkel vorkommt? Sehen Sie das Folgende ja nicht als Einwürfe dawider an, es sind nur Zweifel, die ich nicht lösen kann und zu meiner Belehrung anzeige." Es folgt dann eine lange analytische Entwickelung, welche zeigt, dass ***Bessel*** damals schon, also noch nicht ein Jahr nach Anschaffung des *Bohnenberger*'schen Buches, in der Differenzial- und Integralrechnung heimisch war, und eine Formel abzuleiten versuchte, durch welche das Verhältniss der Masse des Saturn zur Masse seines Ringes ausgedrückt wird durch die Entfernungen und Umlaufszeiten der Monde. Diese Entwickelung schliesst mit den Worten: „Sie sehen, dass keiner der Saturnsmonde, den 5ten ausgenommen, das *Keppler*'sche Gesetz befolgen kann," allein die ganze Entwickelung ist verworfen und durchstrichen und es folgt dann eine kürzere Betrachtung, deren Resultate in den Worten zusammen gefasst ist: „Dieses würde die Ringmasse etwa $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ von der Masse des Saturns geben — also ganz enorm von Ihrer Auflösung abweichen; ich bin weit entfernt, hierauf Gewicht zu legen und lege es Ihnen zu meiner Belehrung vor. Wenn, wie ich fest überzeugt bin, meine Schlüsse unrichtig sind, so werden Sie mir die Analyse der Ihrigen nicht vorenthalten, das verbürgt mir Ihre bekannte Güte. Ihr einfacher, aber eben deshalb verdienstvoller Ideengang hat mir viel Freude und Belehrung verschafft und den Trieb, Ihnen wo möglich nachzueifern, auf's Neue belebt. In einem späteren Briefe vom Mai 4, 1803, nachdem ***Thilo*** eine neue Auflösung des fraglichen Problems übersandt hatte, berichtet ***Bessel*** indessen, dass er in seiner früheren Entwickelung nachträglich Fehler entdeckt habe, und nun der neuen Auflösung ***Thilo***'s „nicht ein Härchen in den Weg zu legen" habe und von deren Richtigkeit überzeugt sei. ***Bessel*** fügt dann noch hinzu: „Es klingt sonderbar, dass kein Saturnsmond, den letzten etwa ausgenommen, das *Keppler*'sche Gesetz befolgen kann, nichtsdestoweniger ist dieser Satz leicht zu beweisen. Die Monde leiden von dem Ringe eine

doppelte Beschleunigung, erstens, weil die Saturnsmasse durch die der Ringe vermehrt wird, und zweitens, weil die Ringe den Monden näher sind als der Saturn, und daher stärker auf sie wirken, als wäre ihre Masse im Saturn vereinigt. Bei den näheren Trabanten wird sich diese Störung sehr merklich zeigen, so dass man durch sie die Saturnsmasse viel zu gross erhalten würde, wenn man sie auf die gewöhnliche Art durch diese Trabanten bestimmen wollte. Ein Trabant in der Ringebene (der sechste) ist schon bestimmt; man müsste noch einen bestimmen, um daraus mit Vortheil die Massen des Saturns und der Ringe jede für sich ableiten zu können. Es käme also darauf an, die anziehende Kraft eines Ringes auf einen Punkt im Raume und in seiner Ebene auszumitteln." — Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass aus dieser Anregung zum Theil die schönen Arbeiten *Bessel*'s über Saturn hervorgingen, wie denn überhaupt fast alle die Gegenstände, die er später zu erforschen und vervollständigen suchte, schon in diesen ersten Jahren seiner Studien seine Aufmerksamkeit angezogen und darauf bezügliche Untersuchungen und Rechnungen veranlasst haben. Die erste Anwendung der aus der Mécanique céleste geschöpften Kenntnisse betraf wieder den Saturn, 3 Jahre nach den ebenerwähnten ersten Untersuchungen, aber nicht die Masse desselben, sondern die Bestimmung der Gestalt des Saturns nach den Gesetzen der Gravitation mit Berücksichtigung der Anziehungskraft des Ringes *), und zu den ersten Beobachtungen in Lilienthal gehören ebenfalls wieder Beobachtungen der Saturnssatelliten. Die vielen späteren Arbeiten, welche sich auf Saturn beziehen, zeigen wie lebhaft *Bessel*'s Interesse für Saturn sein ganzes Leben hindurch blieb, so dass noch unter seinen letzten unvollendeten Untersuchungen ebenfalls eine Theorie des Saturnsystems sich befand **).

Zeigen nun auch die erwähnten Beispiele, wie wenig wirkliche Belehrung *Bessel* aus *Thilo*'s Briefen im Ganzen empfangen haben kann, so ist doch unzweifelhaft, dass nichtsdestoweniger dieser briefliche Verkehr mit dem ihm wohlwollenden, liebenden

*) Monatl. Corr. XV. *Bessel* übersandte die Arbeit im Januar 1807 an *Zach*.

**) Siehe Astr. Nachr. No. 649.

Kammersecretair in Münster) auch ein gut gelegenes Zimmer habe, um auch practische Astronomie dort treiben zu können, und fügt dann hinzu: „ich kann aus Erfahrung mitsprechen und beleidige die Wahrheit nicht, wenn ich die practische Astronomie als die angenehmste Erholung schildere, die ich kenne.“ Das schreibt der 19jährige Jüngling!

Um die Schilderung des Verhältnisses zwischsn *Bessel* und *Thilo* hier zu erledigen, müssen wir etwas über die Epoche hinausgreifen, welche die hier zunächst betrachtete Periode aus *Bessel*'s Leben beendet. *Thilo* schrieb schon seit seiner Versetzung nach Münster seltener und von März bis November 1804 stockte der Briefwechsel gänzlich, also gerade in der Zeit der Entstehung der Arbeit über den Kometen von 1607, mit welcher *Bessel* vielleicht den älteren Freund überraschen wollte. Indessen scheint *Thilo* doch auch in Münster noch ernstlich sich für Astronomie interessirt zu haben, so dass er sogar die Absicht hatte, daselbst eine Sternwarte anzulegen und sich nun über die anzuschaffenden Instrumente und die Kosten derselben *Bessel*'s Meinung erbat.

Bessel besprach dies Project mit *Olbers* und stattete dann *Thilo* einen ausführlichen Bericht über die Resultate der Berathungen in einem Briefe vom Januar 28 1805 ab. *Bessel* hatte also dadurch schon damals in Bremen Veranlassung und Gelegenheit die Bedingungen und Erfordernisse einer zweckmässigen Sternwarte — und zwar gemeinschaftlich mit *Olbers* — in Erwägung zu ziehen, gewiss ohne zu ahnen, dass er sechs Jahre später für seine Sternwarte in Königsberg dasselbe in grossartigerem Massstabe zu wiederholen haben würde. Obgleich die Kosten der von *Thilo* anzulegenden Sternwarte in *Bessel*'s Berichte nur zu 3500 ℛ︁ veranschlagt werden, so scheint doch aus dem Project nichts geworden zu sein, da in den späteren Briefen nicht wieder die Rede davon ist. Ueberhaupt geräth der Briefwechsel im Jahre 1805 schon fast ganz in's Stocken, da *Thilo* Monate lang *Bessel*'s Briefe verzögert; am 12ten October 1805 beginnt *Bessel* deshalb seinen Brief mit folgenden Worten: „Nach einer von mir angenommenen Gewohnheit notire ich die Tage, an denen ich einem meiner Freunde schreibe. Sie sind in dieses Register schon viermal eingetragen, den 12ten März, 3ten Juni, 25sten Juli, 30sten Aug., und heute wird es das fünfte Mal. Sie haben alle diese Briefe, die doch von

der reinsten Freundschaft dictirt wurden, nicht beantwortet. Sie haben ein Schweigen angenommen, das mich ganz niederschlägt, und das sich kaum mit einem schwachen Grade von Freundschaft vereinigen lassen würde. So handeln meine andern Freunde nicht, an die mich nur allein die Sternkunde knüpft, so, sage ich, handeln nicht *Gauss, Harding, v. Lindenau* .... Ich bin Ihnen in der That etwas böse, und es würde mir, däucht mir, zur Schande gereichen, wenn ich es nicht wäre. Genug! — ich schreibe heute nicht, um dieses Blatt mit einem Raisonnement zu füllen, das zwecklos ist, wenn Sie mich aus der Zahl ihrer Freunde gestossen haben — nein, eine mir wichtige, Ihnen interessante Nachricht soll es Ihnen bringen — die Nachricht, dass ich an *Harding*'s Stelle nach Lilienthal gehe. Nach dem Abschluss unserer Bücher im Februar oder März werde ich also der göttlichen Sternkunde meine ganze Zeit widmen können — dann werde ich Arbeiten unternehmen können, deren Unermesslichkeit ich bisher nur mit heiligem Schauder betrachtete. Von Ihrer Theilnahme an dieser Nachricht überzeugt, wollte ich sie Ihnen nicht verschweigen; so hatte der heutige Brief seine Entstehung.“ — —

Diesem Briefe begegnete indessen schon ein Brief von *Thilo*, und *Bessel*'s umgehende Antwort zeigt am Besten, mit wie warmer Anhänglichkeit er auch nach solcher Kränkung noch immer an dem alten Freunde hing und wie gern sein edles jugendliches Herz das frühere Schweigen verzieh. Schon am 25sten October antwortet *Bessel:* „Unaussprechlich glücklich, mein theuerster Freund, fühlte ich mich bei dem Empfange Ihres Briefes, der dem meinigen vom 10. d. M. begegnete; er enthält die Versicherung Ihrer Freundschaft, eine Versicherung, die mir über Alles schätzbar ist. Ich kann keinen Posttag vorübergehen lassen, ohne Ihnen wenigstens meine Freude über Ihren Brief zu bezeugen.“ ....

Später folgen dann nur noch zwei Briefe von *Thilo*, der letzte vom 31sten Januar 1806 enthält eine vollständige Entwickelung der Gleichungen der Bewegung eines materiellen Punktes um ein anziehendes Centrum nebst einer sich daran knüpfenden Betrachtung über die Rotation der Planeten, und bezieht sich auf Fragen, welche *Thilo* an *Bessel* über eine dahin gehörige Aufgabe gerichtet hatte. Er zeigt zur Genüge, dass sich damals schon das Verhältniss zwischen Lehrer und Schüler vollständig umgekehrt hatte,

und bei dem beständigen Verkehr mit *Olbers* war also die Fortsetzung des schriftlichen Verkehrs mit *Thilo* für *Bessel* um so mehr völlig überflüssig geworden. Immer aber bleibt in jener Entwickelungszeit *Bessel*'s der Briefwechsel mit *Thilo* ein wichtiges Moment, nicht wegen der dadurch empfangenen Belehrung, sondern wegen des Umstandes, dass *Bessel* zu allen Zeiten das Bedürfniss hatte, seine Untersuchungen mitzutheilen, und dazu eine Gelegenheit bei *Thilo* fand, die ihm stets Freude, Lob und Anregung eintauschen liess, und desshalb habe ich geglaubt, dieses Verhältniss etwas ausführlicher behandeln zu müssen.

Wenden wir uns aber nun speciell zu *Bessel*, um den Gegenstand seiner Studien und die Art, wie er dieselben, ohne irgend einen Lehrer dabei zu haben, betrieb, etwas genauer kennen zu lernen. Dass *Bessel*'s mathematische Ausbildung eigentlich ganz dem einen einzigen Jahre 1802 angehört und zwar besonders der zweiten Hälfte desselben, ist schon oben erwähnt, und wurde, wie *Bessel* selbst erzählt, durch das *Bohnenberger*'sche Buch veranlasst und zunächst aus dem Lehrbuch der Mathematik von *Mönnich**), 2 Theile, Berlin 1800 u. 1801, geschöpft. Dies Buch, welches in damaliger Zeit wohl eins der besten und vollständigsten gewesen ist, und, wie der Titel sagt, mit Rücksicht auf Solche verfasst ist, welche die Mathematik erlernen, um sie bei ihren mehr oder weniger damit in Verbindung stehenden Berufsgeschäften zu benutzen, umfasst die ganze niedere und höhere Mathematik, mit Einschluss der Integralrechnung, und enthält ausser einer kurzen Geschichte der Mathematik auch noch Anwendungen derselben auf das Nivelliren und die Feldmesskunst. Wenn gleich ein solches Werk, aus etwa 1150 Octavseiten bestehend, nur die wichtigen, namentlich zur Anwendung geeigneten Lehren enthalten kann, so gehört doch unzweifelhaft ein ganz ungewöhnliches mathematisches Talent dazu, um ein solches Material in so kurzer Zeit in sich aufzunehmen, um so mehr, wenn die meiste Zeit den kaufmännischen Geschäften gewidmet war, und also nur die Mussestunden für das Studium der Mathematik verwendet werden konnten, und nichts-

*) Dasselbe befindet sich, wie fast alle damals von *Bessel* benutzten Bücher, noch in der Bibliothek der Königsberger Sternwarte, für welche nach *Bessel*'s Tode, seinem Wunsche gemäss, die nachgelassene Bibliothek angekauft wurde.

destoweniger noch nebenbei vielerlei Rechnungen über Längenbestimmungen u.s.w. durchgeführt wurden. ***Bessel*** sagt: „Das Buch wurde in wenig Tagen verschlungen," und die ersten Briefe aus dem Anfange des Jahres 1803 zeigen, dass dieses „Verschlingen" des Buches nicht etwa ein Durchblättern, ein Herausgreifen der Gegenstände gewesen ist, welche gerade zu bestimmten Aufgaben dienen konnten, sondern dass wirklich wenige Monate genügt hatten, um ***Bessel*** so weit zu bringen, dass er nicht nur die Differenzial- und Integralrechnung vollständig verstanden und in sich aufgenommen hatte, sondern auch sie selbst auf schwierige Fragen anzuwenden im Stande war. Das Lehrbuch von *Mönnich* war natürlich nun nicht das einzige geblieben, wie denn überhaupt der Ankauf von Büchern stets in ***Bessel'***s Leben ein Gegenstand von ganz besonderer Aufmerksamkeit war. Noch in späteren Jahren empfahl er jungen Astronomen stets, sich eine gute Bibliothek anzuschaffen, denn ohne Bücher könne ein Astronom nichts machen. In einem Briefe vom 16ten Februar 1803 an *Thilo* führt *Bessel* die mathematischen Bücher auf, welche damals in seinem Besitz waren, und bittet *Thilo*, nach Belieben darüber zu disponiren, wenn derselbe sie etwa zu benutzen wünsche. Es sind dies folgende Werke, die ich hier anführe, da es einiges Interesse hat, den Stamm von ***Bessel'***s später so reichhaltigen Bibliothek zu kennen.

Mönnich, Lehrbuch der Mathematik. 2 Thle. Berlin 1800—1801.

Bohnenberger, Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung. Göttingen 1795.

v. Ende, geogr. Ortsbestimmungen im niedersächsischen Kreise. Celle 1801.

Pfaff, Versuch einer neuen Summationsmethode. Berlin 1788.

Hindenburg, Sammlung combinat. analytischer Abhandlungen, 2 Thle. Leipzig 1796 und 1800.

Kästner, Anfangsgründe der Analysis des Unendlichen. Dritte Auflage. Göttingen 1799.

Kästner, Anfangsgründe der höheren Mechanik. Zweite Aufl. Göttingen 1793.

Euler, Theorie der Planeten und Cometen. Uebersetzt von *Pacassi*. Wien 1781.

Scheibel, Astronomische Bibliographie, Abschn. 1. 2. Breslau 1784 — 1789.

Das letzte der genannten Bücher diente unstreitig vielfach als Führer und Rathgeber bei der weiteren Vergrösserung dieser kleinen, aber inhaltreichen und gelehrten Bibliothek. Mit mehreren Buchhandlungen, namentlich seit 1803 mit der bekannten Handlung der Gebrüder *Hahn* in Hannover, stand *Bessel* damals in Verbindung*), und je höher sein Salair im *Kuhlenkamp*'schen Hause stieg, um so mehr Geld wurde auch für den Ankauf astronomischer und mathematischer Bücher verwandt, wobei namentlich Bücherauctionen berücksichtigt wurden, denn *Bessel* hatte die Ansicht, die er später oft äusserte, dass man nur dann ein Buch ordentlich kennen lernen könne, wenn man es selbst besitze.

In den Notizen über seine Jugend spricht *Bessel* etwas ausführlicher über das vortreffliche Werk: Astronomie par *Jerome le François Lalande*, 3 Volums. Paris. Es ist daher interessant zu sehen, welchen Eindruck das Buch damals auf den wissbegierigen Jüngling machte. In dem schon oben erwähnten Briefe vom 31sten Decbr. 1803 schreibt *Bessel:* „Vor einigen Tagen lieh mir *Braubach* einen Band von *Lalande*'s Astronomie. Das ist wirklich ein vollkommnes Buch; ich habe mir immer eine grosse Idee davon gemacht, allein so viel hätte ich nie erwartet. Ich bin ganz voll von dem vielen Vortrefflichen, welches mich schon ein flüchtiges Durchsehen erblicken liess! Ich war in der That in grosser Versuchung, mir das Werk anzuschaffen — aber bei reiferer Ueberlegung unterdrückte ich meinen Wunsch, da in meiner Ihnen bekannten Lage 3 Louisd'or keine Kleinigkeit für mich sind.“ Erst zwei Jahre später gegen Ende des Jahres 1805 gelangte *Bessel* in den eigenen Besitz dieses ersehnten Werkes durch eine in Hannover stattfindende Bücherauction, zu welcher er der *Hahn*'schen Buchhandlung für 30 ℛ︀ Aufträge ertheilte und darunter für *Lalande*'s Astronomie 12 ℛ︀ ansetzte. So war *Bessel*, als er Bremen

*) Ein noch besonderes Büchelchen, worin *Bessel* über seine Ausgaben und Einnahmen Buch führte, ganz nach Art des kaufmännischen Geschäftswesens, enthält auch dies „Credit“ der *Hahn*'schen und anderer Buchhandlungen zwischen ähnlichen von Schuster und Schneider, und zeigt, dass *Bessel* nebenbei auch allerlei Lieferungen für seinen Vater und andere befreundete Familien ausführte, namentlich auch in Colonialwaaren, worüber sich die Rubriken Credit und Debet, wie über die gelehrten Bücher ebenfalls vorfinden.

verliess, schon mit einer recht hübschen Bibliothek ausgerüstet, die jedenfalls einen bedeutenden Theil der ihm von seinem Principal gezahlten Remunerationen aufgezehrt hatte, aber eben deshalb, weil sie mit eigenen schwer erworbenen Mitteln und planmässig nach eigener Auswahl angeschafft wurde, auch um so gründlicher und vollständiger ausgebeutet wurde und desto besser durchstudirt war.

Wo sich die Bücher häuften, um die Kenntnisse zum Beobachten zu sammeln, da fehlten natürlich auch die Instrumente nicht. So besass ***Bessel*** schon im Anfange des Jahres 1803 selbst ein Barometer, dessen versteckte Einrichtung ihn längere Zeit zweifelhaft liess über die eigentliche und richtige Construction desselben. Er schreibt am 16^ten^ Febr. 1803 an *Thilo:* „Mit meinen Barometermessungen sieht es bis jetzt noch übel aus — ich selbst bin zweifelhaft, ob mein Barometer heber- oder kelchförmig ist! doch vermuthe ich ersteres. Die Röhre ist etwa so dick, wie die auf dem Museo, dazu müsste also schon ein Kelch von respectabler Dicke gehören, wenn es einigermassen brauchbar sein sollte. Ich habe schon mehrere Male versucht, die Röhre von ihrem Gehäuse zu befreien, aber ohne Erfolg; ich gebe indessen die Sache noch nicht auf und werde mir hoffentlich ein Mittel verschaffen können, die Natur des Werkzeuges kennen zu lernen. Wenn ich einmal die Röhre entblösst haben werde, findet weiter keine Schwierigkeit mehr Statt, indem ich mit einem guten französischen Fuss versehen bin und also den Abstand beider Quecksilbersäulen für irgend einen Barometerstand ein für allemal messen kann.“ In Beziehung auf den eben erwähnten Pariser Fuss schreibt er am 10^ten^ März an *Thilo:* „Hiebei schicke ich Ihnen einen halben Pariser Fuss, den ich so genau, als mir möglich war, abcopirt habe..... Den Fuss hätte ich Ihnen, Ihrer Vorschrift gemäss, gern auf Glass eingeschnitten, ich muss aber gestehen, dass meine Geschicklichkeit dazu nicht hinreichte.“ Wir sehen hier, dass der blosse Besitz eines gut getheilten Massstabes für ***Bessel*** schon damals Gelegenheit zur Vergleichung und Copirung von Längenmassen bot, und eine Probe seiner practischen Geschicklichkeit gewährte, wie dies in seinem spätern Leben die Untersuchungen über das Preussische Längenmass veranlassten. Auch das Barometer, von dem übrigens später nicht wieder die Rede ist, wurde nicht blos zum Ansehen oder blossen meteorologischen Beobach-

tungen benutzt, sondern es veranlasste ***Bessel*** schon damals zu Untersuchungen über Höhenmessungen mit dem Barometer. Eine darauf bezügliche, in der Monatl. Correspondenz gelegentlich angeführte Formel*) veranlasst ihn selbst, die ihm unbekannte *de Luc*'sche Formel zu entwickeln, indem er von den, von *de Luc* gegebenen Angaben über Ausdehnung u.s.w. ausgeht. Diese Untersuchung bildet den Gegenstand des (ersten der vorhandenen) Briefes an *Thilo* vom 5ten Febr. 1803, und ***Bessel*** findet, wenn b und t die Barometerhöhe und Temperatur (Réaumur) an der Erdoberfläche, b' und t' dasselbe in der Höhe x bezeichnen

$$x = 1000\left[1 + \frac{\frac{1}{2}(t+t') - 16\frac{3}{4}}{215}\right]\left[\log\frac{b}{b'} + \log\frac{4320+t-16\frac{3}{4}}{4320+t'-16\frac{3}{4}}\right]$$ **)

und fügt dann hinzu: „So würde also wohl die *de Luc*'sche Formel aussehen..... Diese Formel und die *Trembley*'sche zeigen, welche Unsicherheit noch bei den Barometerbeobachtungen herrscht. Wie leicht könnte man diesem schätzbaren Mittel der Höhenbestimmungen durch Beobachtungen auf einem hohen Thurme und unter demselben die völlige Evidenz geben!"

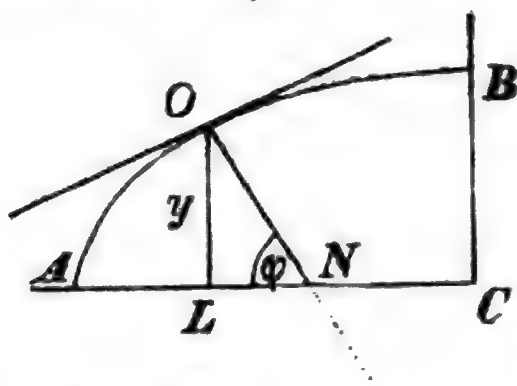
Wir sehen aus diesem Beispiele zugleich, wie genau und mit welchem Interesse ***Bessel*** die Monatl. Correspondenz, selbst die unbedeutenden Aufsätze derselben, durchlas, und Alles, was auf seine Verhältnisse und die von ihm verfolgten Zwecke passte, sofort anzuwenden sich bemühte. Die eben erwähnten Untersuchungen fallen auf den Schluss des Jahres, bei dessen Beginn ***Bessel*** von der Mathematik noch so wenig wusste, dass er ihre Bedeutung für Astronomie und Geographie kaum ahnte!

Ueber seine mathematischen Studien selbst lässt sich wohl nichts weiter sagen, als was ***Bessel*** selbst in seinen Notizen erzählt, dass sie für ihn nur das Mittel sein sollten, um die

*) Mon. Corr. Bd. VI., pag. 453 im November-Heft von 1802. ***Zach*** nennt sie die *Trembley*'sche Formel.

**) Hier fehlt die Angabe der Masseinheit für das x. Sie soll wahrscheinlich die Toise sein, und es muss dann rechts nicht 1000, sondern 10000 vor der ersten Klammer stehen. — Auch müssen die Logorithmen in der zweiten Klammer durch das Zeichen — statt + verbunden und die Voraussetzung erwähnt werden, dass die Quecksilber- und Luft-Temperatur einander gleich seien. *E.*

practischen Aufgaben, die er lösen wollte, durchführen zu können. So treten denn auch seine mathematischen Kenntnisse immer nur in ihrer Anwendung auf irgend ein bestimmtes Problem hervor, welches die Nautik, Geographie oder Astronomie darbot, niemals findet man abstracte Untersuchungen ohne Anwendung, von welchen ein rein mathematisches Talent vorzugsweise angezogen und gefesselt wird. Um so wunderbarer erscheint es daher, dass er bei solcher Richtung sich so leicht in die analytischen Entwickelungen hineinfand und sie mit grosser Leichtigkeit und Geschicklichkeit anzuwenden wusste. Dies zeigt besonders deutlich die von ihm gefundene Rectification der Ellipse, auf die er bei Betrachtungen über das Erdsphäroid geführt wurde, und welche ich hier als ein Beispiel, wie er damals schon solche Probleme zu behandeln verstand, ausführlicher erwähne. Am 17ten Mai 1803 schreibt *Bessel* an *Thilo* (also über ein Jahr vor *Olbers* Bekanntschaft): „Die vielen mechanischen Beschäftigungen, wovon ich Ihnen neulich schrieb, veranlassen mich nicht, die Theorie ganz zu vernachlässigen. Um nicht aus dem Zuge zu kommen, hielt ich ein mit einer neuen, sehr langweiligen Arbeit, der Berechnung von Stundenwinkel-Tafeln für meine Polhöhe. Der Gegenstand, der sich mir darbot, war die Untersuchung der Eigenschaften des Sphäroids. Ich fand dabei etwas, welches ich nach *Kästner*'s Urtheil *) für unmöglich hielt, nemlich die Rectification der Ellipse! Hier ist meine Analyse:



Halbe grosse Axe $CA = a$
Halbe kleine Axe $CB = b$
Excentricität $= e$

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} = \frac{(a^2 - b^2)}{a^2}$$

$$LC = x;\ OL = y;\ y = \frac{b}{a}\sqrt{(a^2 - x^2)}$$

Winkel $ANO = \varphi$

Krümmungshalbmesser am Punkte $O = \rho$

Nun ist $\rho = -\frac{ds^3}{dx\,d^2y}$, $ds^2 = \frac{dx^2(a^2 - x^2e^2)}{(a^2 - x^2)}$, woraus folgt $\rho = \frac{(a^2 - e^2x^2)^{\frac{3}{2}}}{ab}$. Dieses durch den Winkel φ ausge-

*) Analysis des Unendlichen, § 346.

drückt, giebt $tang\ \varphi = \frac{dx}{dy} = \frac{a(a^2 - x^2)^{\frac{1}{2}}}{bx}$ und

$$x^2 = \frac{a^2}{1 + \frac{b^2}{a^2} tang\ \varphi^2}$$

Dieses für x in obiger Gleichung gesetzt giebt

$$\text{I.}\quad \rho = \frac{b^2}{a(1 - e^2 sin\ \varphi^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{b^2}{a}(1 - e^2 sin\ \varphi^2)^{-\frac{3}{2}}$$

$$\text{II.}\quad \rho = \frac{b^2}{a}\left(\frac{b^2}{a^2} + e^2 cos\ \varphi^2\right)^{-\frac{3}{2}}$$

$$\text{III.}\quad \rho = \frac{2a(1 - e^2)}{2 - e^2} \cdot \sqrt{\frac{2}{2 - e^2}}\left(1 + \frac{e^2}{2 - e^2} cos\ 2\varphi\right)^{-\frac{3}{2}}$$

Da die Richtung des Krümmungshalbmessers die Richtung der Schwere ist, so machen die Krümmungshalbmesser zweier verschiedener Stellen einen Winkel mit einander, der dem Unterschied der Polhöhe der Stellen gleich ist. Nimmt man diesen Winkel unendlich klein, so kann er als Differenzial eines mit ρ beschriebenen Kreisbogens angesehen werden, so dass für gleichförmige $d\varphi$, ds immer $= \rho\, d\varphi$ ist. Diese Gleichung kann man zwar durch jede der obigen Ausdrücke für ρ integriren, doch ziehe ich folgender Gründe halber das Integral, welches der Werth III. von ρ giebt, vor. Rational machen lässt sich wohl $\rho\, d\varphi$ nicht, wenigstnns will mir es nicht gelingen, also muss eine unendliche Reihe aushelfen. I. in eine Reihe aufgelöst, giebt Potenzen von $sin\ \varphi$, welches ich nicht gebraucht habe, da $sin\ \varphi^n\, d\varphi$ sich ohne Umwege nicht integriren lässt und $sin\ \varphi$ und $cos\ \varphi$ zugleich in's Integral bringt. II. ist bequemer, da man $cos\ \varphi^n$ leicht in cos des vielfachen Bogens auflöst. Bei langen schmalen Ellipsen wird aber $\left(\frac{b^2}{a^2}\right)^{-\frac{3}{2}}$ divergiren, weshalb ich auch diese Reihe nicht gebrauche. III. halte ich der irrationalen Grössen ungeachtet für bequemer, denn diese Reihe convergirt sehr stark. Nach gehöriger Rechnung findet sich das Integral

†) Diese Aeusserung muss auf irgend einem Missverständniss beruht haben. *Euler* konnte es nicht schwierig finden, die Rectification der Ellipse zu entwickeln und er hat dieselbe auch in den Novi Comm. Acad. Petrop. XVIII. p. 71, und in den Inst. calc. int. T. I. Cap. VIII. § 279 und § 338, gegeben. *P.*

$$s = \frac{2a(1-e^2)}{2-e^2}\sqrt{\frac{2}{2-e^2}}\left\{\begin{array}{l}\varphi\left(1+\frac{15}{16}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^2+\frac{945}{1024}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^4+\ldots\right.\\ -\sin 2\varphi\left(\frac{3}{4}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)+\frac{105}{128}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^3+\ldots\right.\\ +\sin 4\varphi\left(\frac{15}{64}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^2+\frac{315}{1024}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^4+\ldots\right.\\ -\sin 6\varphi\left(\frac{35}{384}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^3+\ldots\right.\\ +\sin 8\varphi\left(\frac{315}{8192}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^4+\ldots\right.\end{array}\right.$$

Dieses Integral ist vollständig und giebt den elliptischen Bogen vom Aequator bis unter die Polhöhe φ. Setzt man $\varphi = 90°$, so kommt der elliptische Quadrant

$$Q = \frac{a(1-e^2)}{2-e^2}\sqrt{\frac{2}{2-e^2}}\,\pi\left(1+\frac{15}{16}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^2+\frac{945}{1024}\left(\frac{e^2}{2-e^2}\right)^4+\ldots\right.$$

wodurch also die Rectification der Ellipse bewerkstelligt ist. Mich wundert, dass *Euler*, der lange und vergeblich suchte, nicht auf diese leichte Methode verfiel. ♃) Nach dieser Methode finde ich auch die Rectification der Parabel genau mit der gewöhnlichen übereinstimmend, doch auf kürzerem Wege. Wenn ich bei der Erde $\frac{a-c}{a} = \frac{1}{334,9704}$ setze, wie es ***Bohnenberger*** aus den neuen Messungen findet, so ist der Umfang des Aequators zu dem eines Meridians = 1 : 0,998507888 und die Länge eines Meridianbogens vom Aequator bis unter die Breite φ

$$= a\,(0,99850788862\,\varphi - 0,00223922269\,\sin 2\varphi$$
$$+\,0,00000223137\,\sin 4\varphi - \ldots$$ "

Es folgen nun noch weitere Zahlenrechnungen, die aber in einem späteren Briefe verbessert werden.

Bessel, der damals noch glaubte, dass die Rectification der Ellipse noch nicht gefunden sei und erst kurze Zeit später durch einen Bekannten in Bremen erfuhr, dass sie schon bekannt sei, schreibt im folgenden Briefe an *Thilo* Juni 1. 1803. „Ich bin sehr begierig, Ihr Urtheil über die Ellipsenrectification zu hören. Man würde danach aus 2 gemessenen Graden die Erdabplattung auch genauer finden können, als es durch die gewöhnliche Auflösung geschieht. Bei der Hyperbel ist mein Verfahren nicht gut allgemein anzu-

wenden, indem die Reihe zuweilen nicht convergiren würde.“ In einem Briefe vom 12ten Juni 1803 schreibt er: „Nun noch etwas von der Ellipsen-Rectification. Aus der Differenzialformel $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{a^2}{b}\left(1+\left(\frac{ae}{b}\right)^2 \cos\varphi^2\right)^{-\frac{3}{2}}$ finde ich eine Reihe, die zwar nicht so sehr convergirt wie die vorige, sich aber doch bei kleinem e bald nähert, sie ist:

$$s = \frac{a^2}{c}\left\{\begin{array}{l} \varphi\left(1-\frac{3}{4}\left(\frac{ae}{b}\right)^2+\frac{45}{64}\left(\frac{ae}{b}\right)^4-\frac{175}{256}\left(\frac{ae}{b}\right)^6+\frac{11025}{16384}\left(\frac{ae}{b}\right)^8-\ldots\right. \\ -\sin 2\varphi\left(\frac{3}{8}\left(\frac{ae}{b}\right)^2-\frac{15}{32}\left(\frac{ae}{b}\right)^4+\frac{525}{1024}\left(\frac{ae}{b}\right)^6-\frac{2205}{4096}\left(\frac{ae}{b}\right)^8+\ldots\right. \\ +\sin 4\varphi\left(\frac{15}{256}\left(\frac{ae}{b}\right)^4-\frac{105}{1024}\left(\frac{ae}{b}\right)^6+\frac{2205}{16384}\left(\frac{ae}{b}\right)^8-\ldots\right. \end{array}\right.$$

$$-\sin 6\varphi\left(\frac{35}{3072}\left(\frac{ae}{b}\right)^6-\frac{105}{4096}\left(\frac{ae}{b}\right)^8+\ldots\right.$$

$$+\sin 8\varphi\left(\frac{315}{131072}\left(\frac{ae}{b}\right)^8-\ldots\right.$$

Diese Reihe wandte ich noch einmal auf die Erde an und verbesserte auf diese Art einige Rechnungsfehler, die mir bei Anwendung der andern entgangen waren. Mit der geringen Abplattung $\frac{1}{334{,}9704}$ und der halben grossen Axe $a = 3271209{,}554$ Toisen erhielt ich nun folgende Resultate, für deren Richtigkeit ich bürgen kann. Nämlich:

$$s = a\left\{\begin{array}{l} 0{,}99850788862\ \varphi \\ -0{,}00223900302\ \sin 2\varphi \\ +0.00000209190\ \sin 4\varphi \\ -0.00000000246\ \sin 6\varphi \end{array}\right.$$

und in Toisen wenn φ in Graden ausgedrückt

$$\begin{array}{rl} s = 57008{,}1876\ \varphi & -7324{,}2480\ \sin 2\varphi \\ & +\quad 6{,}8401\ \sin 4\varphi \\ & -\quad 0{,}0064\ \sin 6\varphi \end{array}$$

Hieraus die Länge eines Grades zwischen φ und $\varphi + 1$

$$= 57008{,}1876 - 255{,}6515 \cos(2\varphi+1) + 0{,}4774 \cos[2\varphi+1].$$

Die Untersuchungen über die Rectification sind hiemit beendet und am 30sten Aug. 1803 schreibt *Bessel* an *Thilo:*

„Dass die Rectification der Ellipse nichts Neues ist, sagte mir neulich *Braubach*, den ich fragte, ob man diese Linie rectificiren könnte. Wie *Kästner* doch dazu gekommen sein mag, zu sagen, dass man bei der Erde jeden Grad einzeln berechnen müsste, um dann die Summe aller für den Quadranten des Meridians anzunehmen, begreife ich nicht; er*) setzt hinzu: „ich brauche nicht umständlich anzuzeigen, wie tief dieses Verfahren unter Rectification der Ellipse ist.“

Aus diesem Beispiel von der Rectification der Ellipse ersieht man zur Genüge, welche Aufgaben *Bessel* nach einjährigem mathematischen Studium zu behandeln im Stande war und wie er sie behandelte. Auch hier war es nicht das mathematische Resultat, welches ihn reizte, sondern die Anwendung auf die Berechnung des Erdsphäroids, dem er bekanntlich später beträchtliche Untersuchungen gewidmet hat, und die Arbeiten, welche er 34 Jahre später in den Astr. Nachr.**) publicirte, waren also ebenfalls wie bei verschiedenen anderen Gegenständen die Vervollständigung jugendlicher Versuche.

Den grösseren Theil seiner Mussestunden aber hat *Bessel* unzweifelhaft damals, sowohl ehe er selbst zu beobachten anfing als auch später, den numerischen Rechnungen und zwar besonders der Berechnung geographischer Längenbestimmungen aus Sternbedeckungen und Beobachtungen von Sonnenfinsternissen gewidmet. Am 10ten März 1803 schreibt er an *Thilo:* „Am Sonntage habe ich tapfer gerechnet von 2 bis 7½ Uhr; der Gegenstand meiner Rechnung war, wie Sie wissen, die an vier Orten beobachtete Sonnenfinsterniss vom 28sten August 1802.“ Diese für Padua, Mailand, Marseille und Viviers geführte Rechnung wurde nach den strengen Formeln geführt, mit Berücksichtigung der Differenzialquotienten der an die Mondtafeln anzubringenden Correctionen. *Bessel* fährt daher später fort: „Ich habe mir die Mühe gemacht, die Differenziale mit zu berechnen, um, wenn einmal die *Bürg*'schen Tafeln erscheinen, die Mittagsunterschiede leicht verbessern zu können.

*) *Kästner*'s Analysis des Unendlichen, dritte Auflage, pag. 392. Göttingen 1799.

**) Nr. 333 bis 336.

Wahrscheinlich ist der Mond im Jahrbuche 15—20″ zu weit nördlich gesetzt, welches den Mittagsunterschied von Marseille wohl 8—10″ grösser machen könnte. Dass ein Breitenfehler von dieser Grösse bei den *Mayer*'schen Tafeln gar nichts Ungewöhnliches ist, erweisen die *Bürg*'schen Seeberger Beobachtungen. Die Rechnung hat mich überzeugt, dass die Längenberechnung, die ich übrigens nach den genauen Formeln führte, weit weniger mühsam sind, wie ich immer glaubte.“ Die hier erwähnten Rechnungen wurden später, als die Monatliche Correspondenz fernere Beobachtungen brachte, weiter vermehrt und mit einer Sorgfalt und Vollständigkeit geführt und wegen zweifelhafter Resultate wiederholt, dass man leicht daraus erkennt, dass die Beobachtungen viel zu unsicher und roh waren, um eine fleissige Berechnung zu verdienen. Die gefundenen Resultate jener Sonnenfinsterniss-Beobachtungen mögen hier einen Platz finden, da schwerlich eine andere Berechnung derselben mit gleicher Ausführlichkeit und Sorgfalt geführt ist. *Bessel* erhielt, indem er den Mittagsunterschied zwischen Paris und Padua = 38ᵐ 10ˢ 18 als bekannt und richtig voraussetzte, folgende Mittagsunterschiede von Paris:

Mailand	=	27ᵐ	30ˢ59
Marseille		12	6,54
Viviers		9	17,72
Rot *)		38	8,39
Neapel		47	5,89

Gleicher Fleiss und Sorgfalt wurde auf andere Längenberechnungen, z.B. auf eine von *Olbers* beobachtete Bedeckung der Plejaden verwendet, und namentlich auf die Bedeckung von η Virginis am 5ten Mai 1800, welche an vielen Orten beobachtet war, und von welcher *Lalande* in der Conn. d. Temps pour XII mehrere Beobachtungen gesammelt hatte, durch welche *Bessel* zu dieser Rechnung veranlasst wurde. In einem grossen Folianten wurden alle beobachteten Sternbedeckungen, welche *Bessel* in den ihm zugänglichen Büchern fand, zusammengetragen, um dann gelegentlich in Rechnung gezogen zu werden, ein Feld der rechnenden Astronomie, um welches sich damals Professor *Wurm* in Blaubeuren grosses Verdienst erwarb. Die eben erwähnte Bedeckung

*) Ein Kloster am Inn.

von η Virginis hat *Wurm* ebenfalls im Augustheft der Monatl. Correspondenz von 1803 berechnet, und es hat daher einiges Interesse, die Resultate von *Bessel's* Rechnungen damit zu vergleichen. *Bessel* schreibt in einem Briefe von November 25. 1803 an *Thilo:* „— — — so finden sich folgende Mittagsunterschiede von der National-Sternwarte in Paris:

		Wurm fand	Man nimmt an	
Seeberg	33ᵐ33ˢ02	33ᵐ33ˢ6	33ᵐ35ˢ0	
Bremen	25 47,10	25 49,8	25 48,0	*v. Zach* auf Dr. *Olbers'* Observatorium reducirt.
Lilienthal	26 12,67	26 13,2	26 14,0	Conn. des Temps.
Celle	30 56,96	30 57,5	30 55,0	*v. Ende.*
Rot	39 4,04	— —	39 5,6	*Triesnecker.* 2. Bedeckungen.
Göttingen	31 0,93	31 2,0	30 22,7	*Wurm.*
Leipzig	40 9,61	40 10,3	40 10,0	
Dresden	45 32,58	45 35,6	45 33,0	Conn. des Temps.
Berlin	44 11,96	— —	44 10,0	
Wien	56 3,53	56 9,3	56 10,0	

Nach verschiedenen Bemerkungen über diese Resultate und die von *Wurm* gefundenen fährt *Bessel* fort: „Diese Unterschiede (zwischen *Bessel's* und *Wurm's* Resultaten) sind wahre Kleinigkeiten, wer verbürgt die angenommenen Längen und die Beobachtungen auf solche Zeittheilchen? Ich gestehe, dass mir meine Rechnung Freude machte, da ich das Augustheft der Monatl. Corr. erhielt, in welchem die *Wurm*'schen Resultate befindlich sind. Hoffentlich berechnet *Lalande* diese Bedeckung auch; da werden wir ganz andere Resultate erhalten. Mit wahrem französischen Leichtsinn geht er bei solchen Rechnungen zu Werke. Unterschiede von 10—20″ sind bei ihm nichts Seltenes. Die Conn. d. Temps pour XII enthält Belege genug zu meiner Behauptung, z. B. die Länge von Neapel

		Lalande	*Wurm*	Fehler
Aldebaran	27. März 1794	47ᵐ35ˢ0	47ᵐ40ˢ3	— 5″3
φ ♐	21. Aug. 1798	23,0	37,5	—14,5
μ ♓	5. März 1794	36,0	41,8	— 5,8
γ Virginis	21. Jan. 1794	23,0	42,9	—19,9
Sonne	5. Sept. 1793	32,0	38,3	— 6,3

Das ist doch unverantwortlich! Der alte *Lalande* sollte lieber nicht rechnen, als der guten Sache durch solche Rechnungen schaden."

Wurm hatte seine Rechnung nach den von *Mason* verbesserten *Mayer*'schen Mondtafeln geführt, und fand die Fehler derselben in Länge = —24″6, in Breite +7″1. *Bessel* dagegen hatte nach den Tafeln von *Triesnecker* gerechnet und fand so mit Anwendung des von *Wurm* angenommenen Orts des Sterns die Tafelfehler in Länge +2″7, in Breite +6″9, und fügt dann hinzu: „also neue Beweise der Güte der *Triesnecker*'schen Tafeln. Die Unterschiede meiner Rechnungen von den *Wurm*'schen — so klein sie auch sind — würden mich verdriessen, wenn ich nicht die grösste Genauigkeit von meiner Seite behaupten könnte. Ich nahm auf ungleiche Bewegung des Mondes in Länge und Breite Rücksicht und betrachtete durchaus keine krumme Linie als grade." —

Als weiteres Beispiel seiner eigenen erfinderischen Thätigkeit in Beziehung auf practische Rechnungen und seiner dabei stets an den Tag gelegten Genauigkeitsliebe mag hier noch eine Abänderung der von *Bohnenberger* gegebenen Vorschriften erwähnt werden. Am 31. Dec. 1803 schreibt er an *Thilo:*

„Die *Bohnenberger*'schen Formeln zu den Längenberechnungen leiden gewiss keine Verkürzungen, doch bin ich auf ein Mittel verfallen, mir die Arbeit bequemer zu machen. Zu bequemerer Uebersicht setze ich die *Bohnenberger*'schen Formeln her.

Gegeben

L = Länge des Mondes
B = Breite „ „
π = Parallaxe „
d = Halbmesser „
l = Länge des Nonagesimus.
b = Breite „ „
ρ = Radius für den Beobachtungsort
$A.C.$ Hülfswinkel
N Hülfszahl
$B*$ Breite des Sterns

Gesucht

$\frac{1}{2} A = 45^{\circ} - \frac{1}{2} \rho \pi \cos (L-l) \cos b \sec B$

$N = (\operatorname{cosec} \frac{1}{2} A)^2 \sec B$

$\operatorname{Tang} p = \frac{1}{2} \rho \sin \pi \cos b \sin (L-l) . N$

$\sin C = \rho \sin \pi \sin b$

$\operatorname{Tang} B' = \sin \left(\frac{B-C}{2}\right) \cos \left(\frac{B+C}{2}\right) \cos p . N$

$\frac{1}{2} d' = \frac{1}{2} d \cos p N$

$\frac{1}{2} d'' = \frac{1}{2} d' -$ Irradiat

$(\sin \frac{1}{2} \alpha)^2 = \frac{\sin \frac{1}{2} (d'' - B' + B^*) \sin \frac{1}{2} (d'' + B' - B^*)}{\cos B' \cos B^*}$

Hier bedeutet B' scheinbare Breite, p Längenparallaxe und α den Unterschied der Längen beider Himmelskörper. Es ist dann die Zeit der Zusammenkunft =

Zeit der Beobachtung $\begin{cases} +(\alpha-p)\, m' & \text{für den Eintritt,} \\ -(\alpha-p)\, m' & \text{" " Austritt,} \end{cases}$

$$m \text{ ist } = \frac{3600}{\text{stündl. Beweg. } D}$$

Die Berechnung von $(\operatorname{cosec} \frac{1}{2} A)^2$ ist mühsam; ich berechnete eine Tafel, deren Argument $90^{\circ} - A$ ist und die Werthe von $\log \frac{1}{2} (\operatorname{cosec} \frac{1}{2} A)^2$ von $10''$ zu $10''$ bis $3600''$ enthält. Mit ihrer Hülfe und den gleich beigeschriebenen Proportionaltheilen finde ich $\frac{1}{2} \operatorname{cosec} \frac{1}{2} A^2$ ebenso leicht wie den *log* einer natürlichen Zahl. Ferner betrachtete ich p, C, α als grade Linien, und berechnete Tafeln, die Correctionen für diese falsche Voraussetzung enthalten. Auch für B' berechnete ich eine ähnliche Tafel, die doch nicht mehr mit Vortheil zu gebrauchen ist, wenn B' 3° übersteigt; dann ist nemlich das genaue Rechnen der Proportionaltheile beschwerlich und die directe Formel vorzuziehen. Meine Rechnung steht dann so:

$90^{\circ} - A = \rho \pi \cos (L-l) \cos b \sec B$

Aus der Tafel $\log \frac{1}{2} (\cos \frac{1}{2} A)^2$; dazu addirt $\log \sec B$, giebt $\frac{1}{2} N$

$p = \frac{1}{2} N \rho \pi \cos b \sin (L-l)$ — Correctio I

$C = \rho \pi \sin b$ — Correctio II

$B' = \frac{1}{2} N \cos p \cos \left(\frac{B+C}{2}\right) (B-C)$ — Correctio III

$\alpha = \sqrt{\left(\frac{(\frac{1}{2} d'' - B' + B^*)(\frac{1}{2} d'' + B' - B^*)}{\cos B' \cos B^*}\right.}$ — Correctio IV.

Bei Sternbedeckungen verschwindet Corr. IV ganz. Alle diese Tafeln sind bis auf 0″001 genau berechnet; der Vortheil, den sie gewähren, ist einleuchtend. Um mich auch practisch davon zu überzeugen, wandte ich sie auf die von mir berechnete Sonnenfinsterniss vom 27sten August 1802 an. Ich nahm noch sieben mir erst bekannt gewordene Beobachtungen in Rechnung, und beendigte meine Arbeit den dritten Weihnachtstag um 10 Uhr, nachdem ich fast ununterbrochen seit 1 Uhr daran gearbeitet hatte, also in 9 Stunden. Das giebt 1¼ Stunden für eine Beobachtung. Für Mond- und Sonnenorte u. s. w., die ich schon kannte, rechne ich ¼ Stunde für jede Beobachtung, so dass ich überzeugt bin, mit Hülfe der Tafeln in Allem nur 1½ Stunden zur Berechnung einer Beobachtung zu gebrauchen. Einige Tage vorher hatte ich, um nichts unvollendet zu lassen, die schon berechneten Orte mit *Triesnecker*'schen Elementen noch einmal ganz umgearbeitet. Meine Endresultate sind nun:

Berlin, Mittagsunterschied von Paris	44m	16s5
Wien	56	13,5
Mitau	1h 25	29,8
Kremsmünster	47	19,7
Prag	48	29,5
Lorenzberg bei Prag	48	16,6

Hier tritt uns bereits das Streben nach der nur irgend zu erreichbaren Genauigkeit und Schärfe der Rechnung, welche alle spätern Arbeiten ***Bessel***'s stets characterisirt hat, zur Genüge entgegen, so wie ebenfalls die scharfe und auf eigne Rechnungen gegründete Kritik, welcher er fremde Arbeiten unterwarf, und die er später in seinen zahlreichen Recensionen so häufig anwandte. Von dieser streng prüfenden Kritik geben die Briefe an *Thilo* aus jener Zeit noch ein interessantes Beispiel. Am 22sten Septbr. 1803 schreibt *B.* an *Thilo:*

„Sie haben ohne Zweifel mit vielem Vergnügen die Uebereinstimmung der nordischen Gradmessungen mit der angenommenen Abplattung gesehen. Schon vor mehreren Monaten berechnete ich aus den Originalbeobachtungen des *Maupertuis* — dessen Werk über die Figur der Erde ich in einer Auction für wenige Grote kaufen liess — den gemessenen Meridianbogen genauer wie es *Maupertuis* that. Er vernachlässigte z. B. die Refraction so nahe am

Zenith und nahm die gebrauchten Grade seines Sectors für richtig an, obgleich sie nach sehr sorgfältigen Mikrometermessungen, die *Graham* in London und er selbst in Tornea angestellt hatten, zu gross waren.

Eine völlig scharfe Rechnung gab folgende Resultate:

1) δ Draconis.

Maupertuis beobachtete auf dem Kittis

1736		Höhe von δ Draconis	Refract.
October	4.	Const. +2°36′21″578	—0″389
	5.	19,386	
	6.	20,681	
	8.	18,988	
	10.	21,578	

Ferner zu Tornea

November	1.	Const. +1°38′53″959	
	2.	53,910	
	3.	54,956	
	4.	54,458	
	5.	53,959	

Setzt man die mittlere Declination vom 4. October = δ, die Aenderung wegen Praecession = + 6″230, wegen Schiefe der Ekliptik = 0″494, Nutation = 9″338 *cos* (166°25′5 +☊), Aberrat. = 20″255 *cos* (163°21′ +☉), so ist die scheinbare Abweichung

October	4.	δ + 29″074	November	1.	δ + 27″994
	5.	29,116		2.	27,868
	6.	29,154		3.	27,738
	8.	29,209		4.	27,602
	10.	29,241		5.	27,460

Polhöhe von Kittis

October	4.	= Const. + δ — 90°	+ 2°36′50″263
	5.		48,113
	6.		49,446
	8.		47,808
	10.		50,430
		Mittel	2°36′49″212

Polhöhe von Tornea

November 1.	= Const. + δ — 90°	+ 1°39′20″611
2.		20,436
3.		21,352
4.		20,718
5.		20,077
		1°39′20″639

also der Meridianbogen = 57′28″573.

Nun fand *Maupertuis* den Grad zwischen 3°15′ und 4°15′ des

Sector	= 82 Windungen und	6,5 44stel
Graham	82 "	7,5 "
Mittel	82	7,0

Nach meiner Rechnung die hier zu weitläufig sein würde, ist eine Windung = 43″82218, also 82 Wind. und 7 Vierundvierzigstel = 1°0′0″390. Der hier gebrauchte Grad ward nach fünf Beobachtungen grösser befunden um 0,950, also = 1°0′1″340, mithin der wahre Meridianbogen = 57′29″913.

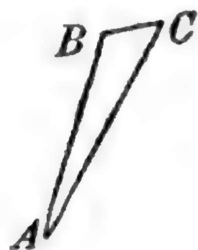
2) α Draconis.

Tornea 1737	Höhe	Refr.	Declin.	Polhöhe
März 17. = Const.	+ 3°12′57″148	+ 0″176	δ — 6″500	— C + δ + 3°12′50″824
18.	57,148		— 6,269	51,055
19.	57,449		— 6,034	53,591
				Mittel 3°12′51″823
Kittis				
April 4. = Const.	+ 4°10′24″119	+ 1″132	δ — 1″921	— C + δ + 4°10′23″330
5.	24,767		— 1,644	24,255
6.	24,717		— 1,358	24,491
				4°10′24″025

Es ist hier gesetzt Abweichung den 17ten März = δ, Aenderung wegen Praecession = —17″45, wegen der Abnahme der Schiefe der Ekliptik + 0″255, Nutation — 7,564 *cos* (52°44′ + ☊), Aberrat. = — 19″836 *cos* (54°12′ + ☉).

Also der Meridianbogen =	57′32″202	
Fehler des Sectors oben	0,390	
Wahrer Bogen	57′32″592	α Draconis
„ „	29,913	δ Draconis
Mittel	57′31″252	
Maupertuis berechnet	57,28,67	

Die Länge des Meridianbogens fand *Maupertuis* = 55023,47 Toisen, welches nach meiner Rechnung zwischen 66°49′ und 67°49′ = 57395,0, nach *Maupertuis* 57437,9 giebt. Nach $\frac{1}{334.95}$ Abplattung sollte der Grad 57181,302 Toisen sein. Ich glaube gewiss, dass noch bedeutende Fehler in der Reduction der irdischen Winkel,



der Orientirung des Netzes u. s. w. stecken, doch nicht in dem Dreiecke *ABC*, worin sie *Beigel* (Mon.Corr. VII., pag. 387) sucht, indem der Winkel *A* nur 9°22′ beträgt; die Grundlinie ist *AB*, und auf *AC* gründet sich das ganze Netz. Da ist also die Reduction auf *AC* um so sicherer, je kleiner der Winkel *A* ist. Dieses hat *Beigel* wahrscheinlich nicht bedacht.“

Wenn dergleichen sorgfältige Prüfungen von so wichtigen und berühmten Arbeiten, wie die nordische Gradmessung in Lappland, von erfahrenen und bedeutenden Astronomen ausgehen, so werden sie jederzeit den Beifall der Kenner ernten und den Verfassern zur Ehre gereichen. Hier aber, wo wir sie von dem 19jährigen *Bessel* durchgeführt sehen, der bis dahin unbekannt, ohne Lehrer, ohne irgend welchen persönlichen Verkehr mit irgend einem Astronomen war, müssen sie wirklich in hohem Grade unsere Bewunderung erregen. Woher hatte *Bessel* diese Genauigkeitsliebe, dies Streben, überall die Sicherheit der Rechnung so weit zu treiben, als die vorhandenen Data es irgend zuliessen, welches ihn in den Stand setzte, die Schwächen und Mängel der Arbeiten von damals berühmten Autoritäten, wie z. B. *Lalande* u. Anderen, zu erkennen? Aus derselben Quelle, aus der grosse Männer, welche die Mängel ihrer Zeit begreifen und verbessern, immer schöpfen und immer allein schöpfen werden, aus dem eignen grossen Genie, welches gleichsam von selbst, instinctmässig möchte man sagen, die richtige Bahn einschlägt!

Wir kommen nun zu dem wichtigsten Punkte in der hier betrachteten Epoche aus *Bessel's* Leben, nämlich zu dem von ihm selbst gebauten Sextanten, und den mit demselben angestellten Beobachtungen, deren über seine Erwartungen günstiges Gelingen *Bessel* in den biographischen Notizen als entscheidend über sein ferneres Leben betrachtet. Glücklicherweise geben auch hier die Briefe an *Thilo* und die astronomischen Tagebücher, in welchen die Beobachtungen nebst ihrer Berechnung niedergeschrieben wurden, Gelegenheit, die kurzen Notizen, welche *Bessel* selbst darüber giebt, noch zu vervollständigen. Am 6ten Mai 1803 schreibt *Bessel* an *Thilo:*

„Wenn die Sache zu Stande kommt, woran ich nicht zweifle, so werde ich nächstens mit einem Quadranten *) eigener Fabrik auftreten. Schon vor einem Jahre **) wandelte mich einmal die Sextanten-Lust an; ich verstand wenig von der Sache und liess auf gut Glück das hölzerne Gestell eines Sextanten von gutem Holze mit einem Limbus von Elfenbein für 3 ℛ︀ verfertigen, doch bald merkte ich die Unmöglichkeit der Selbstverfertigung und ärgerte mich über meine Voreiligkeit. Der Sextant sollte auf *Müller*'sche Art zugerichtet werden, als ich mich eines Besseren besann. Ich bin nun entschlossen, doch noch etwas Brauchbares davon zu machen. In das Centrum des Sextanten liess ich einen messingenen Kegel versenken, wodurch ich in Stand gesetzt wurde, den Mittelpunkt der zu ziehenden Kreise weit genauer wiederzuerkennen. Darauf schritt ich zur Eintheilung, welche mich seit vier Wochen oft beschäftigte und wozu ich denn fast allein die frühen Morgenstunden benutzen konnte. Ich bin jetzt fertig damit und habe den Rand in Grade und 96 Theile von 15 zu 15 Minuten getheilt. Sichere Dienste leistete mir ein Uhrmacher- oder Feder-Zirkel, welcher den sehr unvollkommenen Haarzirkeln weit vorzuziehen ist; mit diesen ist eine gute Theilung gewiss unmöglich. Mein Sextant wird ohne Alhidade sein und nur mit einem Bleiloth versehen, so dass ich kleinere Theile durch das Mikrometer der Fernröhre messen muss. Schade, dass ich nicht gleich anfangs

*) ? verschrieben statt Sextanten.

**) Mai 1802, damals also besass *Bessel* das *Bohnenberger*'sche Buch vermuthlich noch nicht.

diese Idee hatte, sonst hätte ich ebenso leicht einen Quadranten verfertigen lassen können. Ich musste also entweder auf Höhen unter 30° oder über 60° Verzicht thun. Dass ich erstere lieber entbehrte, war wohl natürlich, denn so kann ich das Instrument leichter berichtigen und auch besser meine Zeit bei Nacht bestimmen. Uebrigens ist die Einrichtung mit einem Faden die einfachste, und, wie ich glaube, so sicher wie alle andern, da man das Instrument doch mit einem Bleifaden vertikal stellen muss, und man doch diesen so gut wie jenen genau auf den erforderlichen Punkt bringen kann. Es fehlen mir noch die erforderlichen Gläser zum Fernrohr, nemlich ein 13 Linien grosses Objectiv von 17 Pariser Zoll und ein Ocular von 10 oder 11 Linien Brennweite. Sie zu verfertigen, reicht Bremens Geschicklichkeit nicht zu, also wieder ein Anlass, Ihre Güte in Anspruch zu nehmen. Sollten Sie mir wohl aufgeben können, wo man solche Gläser verfertigt bekommen könnte?"

Am 28sten Juli desselben Jahres schreibt *Bessel:*

„Jetzt ist mein Sextant völlig fertig; nur finden sich noch kleine Veränderung dabei zu machen. Die erste Beobachtung wird hoffentlich ε Arietis, den 9ten August, sein, da wird sich denn zeigen, ob das Instrument brauchbar ist oder nicht. Finde ich es meiner Hoffnung entsprechend, so wird es mir grosses Vergnügen machen, wenn ich Ihnen dadurch zur Längenbestimmung von Minden dienlich werden könnte. Viele Sternhöhen an einer Secunden-Taschenuhr genommen werden hoffentlich den Zweck einer guten Zeitbestimmung nicht verfehlen; freilich darf ich mir dann die etwas mühsame Rechnung nicht verdriessen lassen. Ich habe neulich einen Einfall gehabt, der wohl nicht ganz unausführbar wäre, nämlich — Längenbestimmungen durch ein Gewitter. Man hat die Länge durch Feuersignale bestimmt, warum nicht auch durch den Blitz, der doch ohne Kosten und Mühe erhalten wird, und eine starke Vervielfältigung der Resultate zulässt. Orte, die nicht weiter aus einander liegen, wie 6 bis 8, vielleicht auch 10 Meilen, könnten gewiss so bestimmt werden."

Nachdem nun am 16ten August der erste Versuch einer Zeitbestimmung mit dem Sextanten gemacht und am 17ten August 1803 bei der Sonnenfinsterniss der Austritt des Mondes beobachtet war, wobei *Bessel* bemerkt: „Der Austritt des Mondes kann zweifelhaft

sein, da es meine erste Beobachtung ist," heisst es in einem Briefe vom 26sten August an *Thilo:*

„Sie verlangen eine Beschreibung meines Instruments. Es ist, wie Sie wissen, ein Sextant, dessen Radius 18 Pariser Zoll; er hat keine Alhidade, sondern ist mit einem festen Fernrohre, in dessen Brennpunkte sich ein Schraubenmikrometer befindet. Ein Silberfaden, der vom Centro auf die Theilung herabhängt, wird vermöge einer Stellschraube genau auf einen Theilstrich gestellt und dann der zu beobachtende Stern durch die Schraube des Mikrometers an den beweglichen Faden des letztern gebracht. Das Fernrohr habe ich aus zwei Gläsern zusammen gesetzt, von denen vorzüglich das Ocular schlecht ist (ich erhielt sie von einem hier durchreisenden Glasschleifer); dennoch leistet es weit mehr, als ich vermuthete und stellt die Gegenstände 15 Mal vergrössert und hell dar. Bei einer starken Erleuchtung der Fäden erkenne ich selbst kleinere Sterne, z. B. den doppelten in der Leier, Alcor u. Andere vollkommen gut und deutlich. Das Instrument ist zur Zeitbestimmung hinlänglich und verdient der geringen Kosten halber Empfehlung. Das Gerippe ist von Mahagoni mit einem Limbus von Elfenbein, und kostet

bein, und kostet	3 Thlr	
Mikrometer, Vorrichtung am Mittelpunkt, Axe, um welche der Sextant sich dreht . . .	2 „	36 Groten
Gläser zum Fernrohr.	1 „	
Das Gestell	5 „	
Sämmtliche Kosten	11 Thlr	36 Groten

Die Verfertigung ist nicht schwierig und die Theilung, wenn man mit einem guten Federzirkel versehen ist, nicht so langwierig, wie man denken sollte. Ein Beobachter, der ein Fenster gegen Süden hat, bedarf das Gestell nicht. Bei mir trat eine Hauptschwierigkeit ein; in unserem ganzen Hause befindet sich kein südliches Fenster, mein eignes geht grade nach Norden; auch muss das Fenster hoch und die Fensterbank breit genug sein. Wie ich erst hierher kam, lernte ich einen jungen *Helle* kennen, dessen Vater ein Büchsenschäfter war; er hatte sich zum Studium der Theologie bestimmt, wurde aber, wie er schon nach der Universität gehen wollte, durch den plötzlichen Tod seines Vaters bewogen, seinen Entschluss zu ändern. Er entschloss sich, die noch nicht fertige Arbeit seines

Vaters zu vollenden, gewann dadurch Geschmack an der Handarbeit und setzt jetzt das Gewerbe fort. Vor einiger Zeit sagte er mir, er hätte grosse Lust zur Mathematik; ich rieth zur Verfertigung optischer Werkzeuge, verschrieb ihm einige dahin einschlagende Bücher und gehe ihm mit meinem Rathe, wo er vielleicht nützen kann, an die Hand. Er lässt jetzt eine Drechselbank zu Metallarbeiten verfertigen oder verfertigt sie zum Theil wie auch die Schleifmaschine selbst. In einigen Monaten kann Alles in Statu quo sein. — Verzeihen Sie diese Ausschweifung! — In seinem Hause ist ein vortrefflich gelegenes Zimmer; es hat grosse und hohe Fenster gegen Ost, Süd und West. Dort habe ich jetzt meinen Sextanten*) und beobachtete auch da die Sonnenfinsterniss. In Ermangelung einer guten Pendeluhr lieh ich eine Sekunden-Taschenuhr, an der ich 18 Sonnenhöhen nahm. Die Stellschraube war noch nicht am Sextanten angebracht, weshalb ich den Faden immer vermittelst der Stativschrauben auf die Theilstriche bringen musste. Dadurch ging aber der so nöthige feste Stand verloren, welches gewiss dazu beigetragen hat, vier Beobachtungen völlig unbrauchbar zu machen. Ueberdem ist dieses meine erste Arbeit in der practischen Astronomie, so dass sich wohl keine bessere Resultate erwarten liessen, wie die folgenden sind. Ich bemerke noch, dass die ausgemittelten Abweichungen der Uhr wohl nicht ganz genau sind, indem der Collimationsfehler des Instruments **noch** nicht scharf bestimmt ist. Ich behalte mir also noch eine Correction vor. Ich fand nach Ausschluss der schlechten Beobachtungen

Wahre Zeit	Abweichung der Uhr
Um $7^h38^m24''7$	$22'25''7$
39 33,7	33,7
40 35,3	31,8
47 4,1	31,1
51 3,3	34,8
52 10,3	37,3
53 28,3	39,3

*) In *Bessel*'s astronomischem Tagebuch heisst es am 16ten Aug. 1803: „Heute wurde der Sextant zu *Helle* gebracht," und es wurde auch sogleich an demselben Tage eine Zeitbestimmung durch Höhenmessungen des Atair gemacht.

Wahre Zeit	Abweichung der Uhr
Um $8^h 17^m 16''6$	23′ 3″6
19 38,0	3,8
27 47,0	7,0
45 40,8	12,3
47 8,6	8,6
48 32,9	8,9
49 19,1	7,1

Sie sehen, dass die Uhr viel zu langsam ging und dass übrigens das Wachsen der Abweichungen der Uhr so regelmässig ist, dass es grösstentheils nur dem Gange der Uhr und nicht den Beobachtungen zugeschrieben werden kann. Jener war wirklich sehr schlecht, denn offenbar war er bei der ersten Reihe von Beobachtungen langsamer wie bei der zweiten.“

Nach der später vorgenommenen genaueren Bestimmung des Collimationsfehlers seines Instruments erhielt *Bessel* schliesslich als das Resultat seiner ersten astronomischen Beobachtung

das Ende der Sonnenfinsterniss am 17ten August 1803
$= 8^h 10^m 21^s 0$ wahre Zeit Bremen $= 8^h 14^m 18^s 9$ mittlere Zeit,

er fügt hinzu: „ich glaube jetzt mit gutem Gewissen die Richtigkeit der Beobachtung nicht einmal auf 10″ behaupten zu können.

In einem späteren Briefe vom 30sten August 1803 giebt *Bessel* eine noch vollständigere Beschreibung seines Sextanten, welche er an *Thilo* nebst einer begleitenden Zeichnung übersendet. Da letztere indessen nicht mehr vorhanden ist, so bleibt die Beschreibung in vieler Hinsicht unnütz. Was sich dem Obigen mit Hülfe jener Beschreibung noch hinzufügen lässt, so wie einige weitere Bemerkungen über die Art, wie *Bessel* mit seinem Instrumente beobachtete und welche Beobachtungen er anstellte, werde ich versuchen, im Folgenden näher anzugeben. —

Aus dem Vorhergehenden erhellt schon, dass der Sextant kein Spiegelsextant war, sondern ein feststehendes Instrument, mit welchem Höhen in beliebigen Vertikalen gemessen werden konnten, gleichwie ein Vertikalkreis, nur dass statt des Vollkreises blos ein Sector von 60° vorhanden war, der mit dem Fernrohr in fester Verbindung stand. Das Stativ des Instruments, welches ganz aus Holz gemacht war (sogar die Stellschrauben desselben) und ganz auseinander genommen werden konnte, hatte eine senkrechte, um

ihre Aze drehbare Säule, an welcher die horizontale Axe, um die sich der·Sextant mit dem Fernrohr drehte, befestigt wurde. An dem untern Theile der Säule war eine Klemme angebracht, in welcher sich der Rand des Sextanten frei bewegen und durch einen kleinen Keil festgestellt werden konnte. Die Klemme selbst war dann durch eine Stellschraube verschiebbar, so dass dann ein beliebiger Theilstrich genau unter den aus dem Mittelpunkte der Theilung herabhängenden Silberfaden gebracht werden konnte. An dem Ende des letztern war ein Bleigewicht, welches in ein an der Stativsäule befestigtes Glas voll Wasser eintauchte; diese Einrichtung bewirkte einige Male, dass bei strenger Kälte sich Eis in dem Glase bildete und deshalb nicht mehr beobachtet werden konnte. Die obere Hälfte des elfenbeinernen Randes des Sextanten, auf welchem die Theilung angebracht war, war in Theile getheilt, deren 96 auf einen rechten Winkel gehen*), die untere Hälfte in Grade, und bei beiden waren wieder Unterabtheilungen von $\frac{1}{4}$ angebracht, so dass die Theilung auf dem Gradbogen unmittelbar von 15 zu 15 Minuten ging. Ein solcher Theil betrug daher 0,943 Par.-Lin.; es war daher jedenfalls schon grosse Vorsicht und Genauigkeit erforderlich, um bei der Einstellung des Silberfadens auf den Theilstrich nicht um eine Bogenminute zu fehlen. Welche Mittel ergriffen waren, um die Excentricität des Sextanten zu vermeiden und das Bleiloth genau über das Centrum der Theilung zu leiten, ist aus der Beschreibung nicht genügend zu ersehen, indessen erhellt aus den Beobachtungen, dass auch in dieser Beziehung jedenfalls sehr grosse Vorsicht und Genauigkeit angewandt war; ebenso wenig finden sich Angaben über die Art, wie die vertikale Stellung der Sextanten-Ebene berichtigt wurde, was vermuthlich durch das Bleiloth geschah.

Im Brennpunkte des Fernrohrs waren zwei kreuzweise gespannte Haare angebracht und ein durch eine Mikrometerschraube, deren Trommel in 100 Theile getheilt war, bewegliches Haar, durch welches der Abstand eines Sterns von dem Durchschnittspunkte des Fadenkreuzes gemessen wurde. Der Werth einer Schrauben-

*) Diese Theile werden durch fortwährende Halbirung des Bogens von 60° erhalten und sind daher genauer auszuführen, als die Theilung nach Graden. *Bohnenberger*, § 23.

windung war sehr nahe = 2′20″ = 140″, so dass die Ablesung an der Trommel weit über die Grenze der Sicherheit der Beobachtung hinausging. Die Erleuchtung der Fäden bei Nacht geschah durch eine vor dem Objectiv des Fernrohrs angebrachte elliptisch ausgeschnittene und geneigte Messingplatte, welche das Licht einer kleinen am Stativ befestigten Lampe in das Rohr reflectirte. —

Es lässt sich denken, eine wie innige beglückende Freude der 19jährige Jüngling empfunden haben muss, als er dies Instrument, zu dessen Verfertigung und Behandlung das oft erwähnte Buch von *Bohnenberger* fast die einzige Quelle seiner Belehrung gewesen war, die aber in der mechanischen Ausführung und in der speciellen Einrichtung doch so Vieles der eigenthümlichen Erfindung des jungen Astronomen übrig liess, auf den Himmel anwenden konnte, und gewiss gab es kein Mittel, welches eine angeborene Lust zu astronomischen Beobachtungen besser anfachen und vermehren konnte, als die Beobachtungen mit dem selbstverfertigten Instrumente, die nicht allein Resultate liefern, sondern auch die Güte des Instruments prüfen sollten. Kein Wunder also, dass für die ersten Versuche in Ermangelung einer bessern Uhr zuerst eine gewöhnliche Taschenuhr angewandt wurde, deren Gang aber der Sicherheit der Beobachtungen nicht entsprach. Es entstand daher wieder eine mehrwöchentliche Pause in den Beobachtungen, während welcher *Bessel* in den Besitz einer Pendeluhr gelangte, die ein Bremer Uhrmacher verfertigte und ihm für den geringen Preis von 6 ℛ überliess. An dieser wurden nun gegen Ende October die Beobachtungen wiederbegonnen, allein *Bessel*'s Ausdauer und Geduld, sowohl beim Beobachten als mehr noch bei der Berechnung der Beobachtungen, zugleich auf's Neue hart auf die Probe gestellt, da die Uhr häufig stehen blieb und überhaupt einen unordentlichen Gang zeigte. Dies veranlasste, sie auseinander zu nehmen, wodurch *Bessel* am 12ten November entdeckte, dass die Uhr fehlerhaft construirt war, indem das Steigrad, welches den Sekundenzeiger trug, 64 Mal herumging, während das Minutenrad einmal sich herumdrehte. Eine Stunde der Uhr war also = 1 Stunde und 4 Minuten des Steigrades, oder auf 1 Stunde der Uhr kamen 3840 Sekunden der Uhr. Dadurch waren die Beobachtungen zum Theil wieder vereitelt. Diesem Uebelstande scheint später abgeholfen zu sein, denn im Februar 1804 schreibt *B.* an *Thilo:* „Mit

dem Gange der Uhr bin ich ziemlich zufrieden; sie leistet Alles, was man ohne Compensationspendel verlangen kann. Die Regulirung nach mittlerer Zeit ist mir gut gelungen, sie geht jetzt täglich nur 1"5 vor. Ich will selbst einen hölzernen Pendel verfertigen und ihn nach Sternzeit einrichten."

Ob dies letztere noch ausgeführt wurde, habe ich nicht mehr ermitteln können, denn die Beobachtungen, sowohl mit dieser Uhr als an dem selbstgebauten Sextanten, erstrecken sich nur eigentlich bis in den Juni 1804. Die bald darauf folgende Bekanntschaft mit *Olbers* führte andere astronomische Beschäftigungen herbei und verschaffte *Bessel* zugleich die Gelegenheit, mit Spiegelsextanten und an besseren Uhren zu beobachten. Es finden sich daher später nur einige wenige Beobachtungen mit dem Sextanten gegen Ende des Jahres 1804, so dass jenes Instrument und die Beobachtungen daran eigentlich ausschliesslich der Epoche angehören, welche wir hier betrachten, der Zeit vor *Olbers'* Bekanntschaft.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die Beobachtungen selbst, welche *Bessel* mit seinem Sextanten anstellte, so waren dies ausschliesslich Zeitbestimmungen. Nicht ein einziger Versuch zur Bestimmung der Polhöhe findet sich in den Tagebüchern, wahrscheinlich weil zu absoluten Höhenmessungen die Aufstellung des Instruments nicht fest genug schien. Bei den Zeitbestimmungen in der ersten Zeit, namentlich bei denen, welche schon oben für Aug. 17. 1803 für die Beobachtung der Sonnenfinsterniss gemacht waren, wurde die Zeit durch Sonnenhöhen (nicht durch correspondirende) ermittelt. Zu diesem Zweck musste vorher der Collimationsfehler des Sextanten bestimmt sein, welcher aus Sternhöhen in der Nähe des Meridians mit Zugrundelegung der bekannten Polhöhe ermittelt wurde. Indem nemlich die gemessenen Höhen $h, h' \ldots$ paarweise verbunden wurden, ergab sich Stundenwinkel t, t', und also auch die Culminationszeit durch die bekannte Formel

$$\sin \tfrac{1}{2}(t+t') = -\frac{\cos \tfrac{1}{2}(h+h')}{\cos \varphi \cos \delta}\left(\frac{h-h'}{t-t'}\right)$$

Mit Hülfe der so gefundenen Culminationszeit wurde der zu jeder Höhe gehörige Stundenwinkel bestimmt und damit die Höhe auf die Culminationszeit reducirt, woraus sich denn durch die Polhöhe φ und die Declination des Sterns δ die Meridianhöhe, also auch

der Fehler des Sextanten ergab. So erhielt *B.* zum Beispiel am 24sten August 1803 aus 8 Höhenmessungen des Atair folgende

Uhr-Zeit	Beob. Höhe	Refr.	Culminationszeit		Wahre Höhe im Meridian
9h 10m 6s	45°11′ 53″2	—56″3	aus 1&8	9°13′9″2	45°11′14″0
12 58	12 1,0		1..7	0,5	4,9
14 15	12 16,3		1..6	18,5	21,5
15 46	11 59,6		2..8	23,9	13,3
17 30	11 41,3		2..7	14,1	13,9
19 0	11 16,6		2..6	45,9	14,0
21 18	10 13,3		1..5	19,2	2,8
22 56	9 30,1				7,4
				Mittel	45°11′14″0
				Sollte sein	45,16,53,8
				Coll.-Fehler	+ 5′ 39″8

Die Beobachtungen von θ Antinoi, welche kurz darauf folgten, gaben + 5,19,9

Dass auf diese Weise, mit einem solchen Instrument beobachtet, die Zeitbestimmungen nicht sehr sicher ausfallen konnten, versteht sich von selbst, und die angeführten Zahlen mögen nur als ein Beispiel dienen, um zu zeigen, wie sorgfältig *Bessel* diese unsicheren Beobachtungen zu reduciren sich bemühte; dabei musste er alle Hülfsrechnungen, z. B. die scheinbaren Orte der Fixsterne, wobei stets Aberration, Nutation und Praecession sorgfältig berechnet wurde, erst selbst ableiten, denn die bequemen Tafeln und Ephemeriden waren damals noch nicht vorhanden oder ihm unzugänglich. Die Rechnungen sind überall mit Berücksichtigung der Zehntel der Bogensekunden durchgeführt!

Ungleich genauer aber sind die späteren Zeitbestimmungen aus dem Jahre 1804 mit Hülfe des Sextanten, als *Bessel* anfing, anstatt Höhen eines Sterns auf einer Seite des Meridians zu beobachten, g l e i c h e Höhen verschiedener Sterne von nahe gleicher Declination auf verschiedenen Seiten des Meridians zu beobachten. In seiner Selbstbiographie heisst es: „Ich erstaunte über die erreichbare Schärfe....“ und gewiss müssen wir auch heute noch, wo man an bessere Instrumente und gute Beobachtungen gewöhnt ist, uns über die Genauigkeit wundern, die z. B. in folgenden

Zeitbestimmungen sich ausspricht. Am 25sten Februar 1804 erhielt *Bessel* für 8^h mittlere Zeit die Correction seiner Uhr aus gleichen Höhen

von ζ Leonis	und	β Arietis			-26^m35^s40
ζ	"	α	"		36,77
γ	"	β	"		38,96
γ	"	α	"		38,09
				Mittel	-26^m37^s31

und am 27sten Februar 1804

aus β Arietis	und	ζ Leonis	für 8^h		-26^m32^s00
α	"	ζ	"		29,03
β	"	γ	"		31,42
α	"	γ	"		29,55
				Mittel	-26^m30^s50

An diesem letzten Tage umfassen die Höhenmessungen dieser vier Sterne 1 Stunde und 30 Minuten. Nach solchen Resultaten war es gewiss der Mühe werth, durch Sternbedeckungen die Länge von Bremen zu bestimmen, allein die Beobachtung, welche dazu gedient haben soll, und welche, wie *Bessel* erzählt, den bekannten Mittagsunterschied sehr nahe wiedergab und ihm dadurch die grösste Freude verursachte, habe ich in den Rechnungsbüchern nicht auffinden können.

Ueber diese Beobachtungsmethode schreibt *B.* an *Thilo* am 10ten Februar 1804, am Tage vor der Sonnenfinsterniss:

„Mit der gespanntesten Erwartung sehe ich dem morgenden Tage entgegen und hoffe noch immer auf besseres Wetter — seit vorgestern regnet es hier fast beständig. Das hat mich doch nicht verhindert, früher eine sehr gute Zeitbestimmung zu machen, die ich durch Verschwinden einer Menge von Sternen völlig gesichert habe. Da die Sonne zu niedrig steht, um correspondirende Höhen zu nehmen, so habe ich ein anderes Mittel angewandt, welches mir völlig sicher zu sein scheint. Ich beobachte nämlich gleiche Höhen verschiedener Sterne zu beiden Seiten des Meridians. Da heben sich die Fehler des Instruments ebenso gegen einander auf wie bei correspondirenden Höhen. Auf diese Art kann man in einer halben Stunde die Zeit so sicher bestimmen, wie durch correspondirende Höhen, zu welchen ein Zwischenraum von 4 bis

5 Stunden erfordert wird. Freilich ist die Rechnung beschwerlicher, allein auch die lässt sich, wenn man Alles bei einander hat, in einer Stunde abmachen. Wenn man z. B. 10 Höhen eines Sterns beobachtet hättet, so brauchte man doch nur drei zu berechnen, weil man mit den zweiten Differenzen die anderen leicht hinzufügen kann.

„Ebenso verfährt man mit den Höhen auf der andern Seite des Meridian und betrachtet den sich dann zwischen den so gefundenen Abweichungen der Uhr ergebenden Unterschied als vom Fehler des Instruments herrührend. Diese indirecte Berechnungsart ist weit bequemer als die directe Auflösung der Aufgabe, aus unbekannten aber gleichen Höhen zweier Sterne die Zeit zu berechnen."

Die Sonnenfinsterniss, in deren Erwartung *Bessel* diese Zeilen schrieb, wurde leider vereitelt.

„Um 11^h30^m," so schreibt er am 11ten Februar an *Thilo*, „bedeckten Wolken den ganzen Himmel, um 1^h20^m brach die Sonne zu meiner unbeschreiblichen Freude wieder durch, allein schon um 1^h26^m verschwand sie gänzlich und erschien erst um 2^h wieder. Das sind Demüthigungen, die man sich schon gefallen lassen muss! — Den 12ten April treten die Plejaden in den dunklen Mondrand; der Himmel bescheere uns gutes Wetter, dann soll die Bedeckung Niemand besser beobachten wie ich."

Allein auch diese Plejadenbedeckung, so wie manche andere Sternbedeckung, auf die *Bessel* sich durch Zeitbestimmungen vorbereitet hatte, wurde durch Wolken vereitelt!

Da *Bessel* zu allen diesen Beobachtungen nur die Mussestunden wählen konnte, so musste er darauf bedacht sein, die zeitraubenden Zeitbestimmungen zu vereinfachen und wählte dazu das zuerst von *Olbers* vorgeschlagene Mittel, die Beobachtung des Verschwindens von Sternen hinter einem entfernten festen Gegenstande. Das Beobachtungslokal im *Helle*'schen Hause bot hierzu vortreffliche Gelegenheit, denn fast genau im Osten stand etwa 300 Fuss weit entfernt der Thurm der Ansgarius-Kirche, dessen Mauerwerk und Dach vielfach Gelegenheit zu solchen Beobachtungen bot, indem zum Beispiel Sterne, wie Aldebaran, Regulus, Denebola, β Arietis, γ Leonis u. s. w. hinter demselben verschwanden und wieder zum Vorschein kamen. Um die Beobachtungen eines und desselben

Sterns noch zu vervielfältigen, hatte *Bessel* auf der Fensterbank drei Zeichen angebracht, die als genaue Merkmale des jedesmaligen Standes seines Fernrohrs dienten, und indem das Fernrohr nach einander auf die drei dadurch bestimmten „Stationen“ gestellt wurde, konnte das Verschwinden jedes Sterns wegen der beträchtlichen Parallaxe des Thurms dreimal beobachtet werden. Die Zwischenzeit zwischen zwei solchen Beobachtungen betrug etwa $\frac{3}{4}$ Minuten. Als ein Beispiel, mit welcher Genauigkeit und Sicherheit auch hierbei der beabsichtigte Zweck erreicht wurde, diene folgendes Beispiel. *Bessel* beobachtete an seiner nach mittlerer Zeit gehenden Uhr

		März 14.	März 15.	Gang
θ Leonis verschwindet	III.	$6^h17^m44^s5$	$6^h14^m51^s0$	3^m53^s5
b „ „	I.	31 30	27 36	54
„ „	II.	32 4	28 10	54
„ „	III.	32 49	28 44,5	54,5
„ kommt wieder	III.	33 6	29 12	54
Anonym. 5^m verschw.	I.	38 29	34 45,5	53,5
„ „	II.	39 24	35 30	54
„ „	III.	39 58	36 4,5	53,5
δ Leonis „	I.	45 49	40 55	54
Denebola „	I.	49 57,5	46 4	53,5
„ „	II.	50 33	46 39	54
„ „	III.	51 7	47 14	53
ζ Virginis „	I.	7 0 45,5	56 50,5	55
„ „	II.	1 27	57 33,5	53,5
„ „	III.	2 9	58 15	54
f Comae Ber. „	I.	39 12	7 35 17	55
„ „	II.	39 49	35 56	53
„ „	III.	40 28	36 33,5	54,5
Vindemiatrix „	I.	47 53	44 0	53
„ „	II.	48 30	44 37	53
„ „	III.	49 7	45 14,5	52,5

Im Mittel ergab sich hieraus der Gang $= 3^m53^s762$ oder 24 Stund. mittl. Zeit $= 24^h + 2^s146$ Uhrzeit*).

Es lässt sich wohl erwarten, dass *Bessel* sich hier nicht blos damit begnügte, den Gang seiner Uhr auf diese Weise zu con-

*) Wohl richtiger: $24^h + 2^s152$. *E.*

trolliren, sondern die Beobachtungen auch zu wirklichen Zeitbestimmungen auf entfernte Tage übertragen wollte, und hier bietet sich wieder ein schönes Beispiel, wie er so recht im Geiste eines beobachtenden Astronomen bei der sorgfältigen Berechnung dieser Beobachtungen verfuhr. Hören wir seine eigenen Worte darüber, die er am 29sten Febr. 1804 an *Thilo* schreibt:

„Ich bin jetzt beschäftigt, die Zeiten zu bestimmen, in welchen Sterne hinter dem Thurme verschwinden, und befolge dabei dieses Verfahren. Durch gleiche Höhen zweier Sterne bestimme ich die Zeit und beobachte dann eine Sternverschwindung. Den Augenblick der Verschwindung verwandle ich in Sternzeit und leite daraus den Stundenwinkel des Sterns ab. Nun wird dieser Stundenwinkel sich aber mit der Zeit ändern wegen der Veränderung der Abweichung des Sterns. Setzt man die

Polhöhe $= \varphi$
Abweichung des Sterns $= \delta$
Stundenwinkel " " $= t$
Höhe " " $= h$
den parallactischen Winkel $= p$

$$\text{und} \quad \frac{\cos t}{\tan\varphi} = \tan\psi$$

$$\text{so ist} \quad \tan p = \frac{\cos\psi \sin t}{\tan\varphi \cos(\psi + \delta)}$$

$$\text{oder} \quad \sin p = \frac{\cos\varphi \sin t}{\cos h}; \quad \cos p = \frac{\sin\varphi \cos(\psi + \delta)}{\cos h \cos\psi}$$

und die Aenderung, welche die Zunahme von δ um $\Delta\delta$ im Stundenwinkel in Zeit erzeugt

$$\Delta t = -\frac{\Delta\delta \tan(p+i)}{15 \cos\delta}$$

Hier ist i die Neigung des Thurms gegen den Vertikalkreis. Ist die Stelle, wo der Stern verschwindet, vertikal, so ist natürlich

$$i = o \text{ und } \Delta t = -\frac{\Delta\delta \tan p}{15 \cos\delta}.$$

Wenn ich nun eine Sternverschwindung beobachtet habe, so reducire ich sie mit dieser Formel auf den 1sten Jan. 1800, schreibe die Zu- oder Abnahme, die δ jährlich verursacht, bei und setze den Factor

$$-\frac{\tan(p+i)}{15 \cos\delta}$$

dahinter, um damit Aberration und Nutation, die die *Metzger*'schen Tafeln geben, zu multipliciren, z. B. bei Regulus, wie ich es den 7ten Februar fand,

	Stundenw. d. 1. Jan. 1800	Jährl. Aenderung weg. Decl. $\Delta\delta$	Factor
I. Station	$5^h 5^m 26^s 10$	$+0''921$	—0,05341
II. "	5 50,08		
III. "	6 13,48		

Der Brief *Bessel*'s, in welchem diese Methode beschrieben wird, ist zugleich der letzte an *Thilo* aus der hier betrachteten Epoche; er enthält so wenig als einer der früheren die Beobachtung einer Sternbedeckung und die daraus hergeleitete Berechnung der Länge von Bremen. Diese gehört also jedenfalls der späteren Zeit an, und *Bessel* begnügte sich daher in der Hoffnung auf die Reduction eigner Längenbestimmungen einstweilen mit der Berechnung fremder Beobachtungen von Sternbedeckungen, worauf er, wie schon oben erwähnt, viel Zeit verwandte.

Durchlaufen wir nun nochmals in Gedanken die im Vorhergehenden geschilderten Studien, Rechnungen und Beobachtungen des jungen *Bessel*, welche sämmtlich einem zweijährigen Zeitraume, dem 18ten und 19ten Jahre seines Lebens, angehören, und denen sich leicht noch viele andere Beispiele seiner Arbeiten, wenn auch weniger interessant, doch nicht weniger von Fleiss, Wissbegierde und Thatkraft Zeugniss gebend, hinzufügen liessen, so wird es uns weniger auffallend erscheinen, wenn am Schlusse dieser Periode *Bessel*, bis dahin völlig unbekannt, plötzlich mit einer Arbeit hervortrat, wie diejenige über die im Jahre 1607 von *Harriot* und *Torporley* angestellten Beobachtungen des *Halley*'schen Cometen. Auffallender könnte es in der That scheinen, dass *Bessel*, zwei Jahre hindurch nicht nur ein glühender Verehrer der Astronomie, sondern, wie wir gesehen, ein selbst mit der grössten Sachkenntniss rechnender und beobachtender Astronom, doch nicht früher mit *Olbers* in nähere Beziehung trat. Aber dies rührte wohl eben daher, dass *Bessel* sein ganzes astronomisches Studium und seine practisch astronomische Beschäftigung eigentlich nur zum eignen Vergnügen trieb, ohne die Absicht zu haben, sich dieser

Wissenschaft zu widmen und sie selbst zu erweitern. Allein ein so gründlich getriebenes Studium, so viele mit solchem Talent und dem entsprechenden Erfolge angestellte Versuche der practischen Anwendung konnten nicht lange blosse Liebhaberei, eine blosse Quelle des eigenen Vergnügens bleiben. Denn dem scharfen kritischen Blicke des so tief eindringenden Geistes zeigten sich überall Lücken in der Wissenschaft und Mängel der vorhandenen Arbeiten, und mit ihnen erwachte natürlich der Wunsch, selbst Hand anzulegen, um das Gebäude zu vervollständigen und hie und da kleine Beiträge zu liefern, wie gerade das Studium selbst Gelegenheit bot, und so fand der von *Zach* geäusserte Wunsch, jene von ihm neu aufgefundenen englischen Beobachtungen auf's Neue bearbeitet zu sehen, in dem stets nach nützlicher Anwendung seiner Studien strebenden Jüngling einen bereitwilligen Arbeiter. Von den an *Thilo* geschriebenen Briefen bis Febr. 29 1804 enthält keiner etwas, was auf diese Arbeit über den Cometen von 1607 hindeutete, so dass *Bessel* erst später den Entschluss zu derselben gefasst haben wird, er hätte es sonst schwerlich seinem älteren Freunde verschwiegen. Der April und Mai jenes Jahres ist aber noch so reich an Beobachtungen mit dem Sextanten und darauf bezüglichen Rechnungen, dass *Bessel* in diesen beiden Monaten wenigstens nicht viel Zeit auf eine andere grössere Arbeit verwandt haben kann, sie gehört also hauptsächlich den beiden Monaten Juni und Juli 1804 an, und giebt dann wieder einen recht überraschenden Beweis von *Bessel*'s Fleiss wie von der Schnelligkeit, mit welche er arbeiten konnte. Die Rechnungen über diesen Cometen, welche noch vollständig vorhanden sind, bilden einen starken Folioband von 330 Seiten und geben ein getreues Bild des allmäligen Fortrückens der Arbeit und der verschiedenen Wege, welche eingeschlagen wurden, um das beabsichtigte Ziel zu erreichen. Da *Bessel* damals und zum Theil auch bei den späteren Arbeiten die gewiss sehr empfehlenswerthe Eigenschaft hatte, nicht nur alle Rechnungen chronologisch hintereinander in vorher eingerichteten Heften auszuführen, sondern auch noch den Gedankengang, den Plan der Rechnung, die Entwickelung der Formeln u. s. w. ebenso mit in dasselbe Buch an dem betreffenden Orte mit ausführlichen Worten anzugeben, vermuthlich wohl zunächst deshalb, um bei seinen übrigen kaufmännischen Geschäften, die nur die Musse-

stunden für die Astronomie überliessen, immer schnell und leicht sich selbst wieder in der abgebrochenen Arbeit zurecht zu finden. Die kurze Abhandlung in der Monatl. Correspondenz (1804 Nov.), welche nur 23 Octavseiten umfasst, lässt in der That eine solche Masse von Mühe und Arbeit, als *Bessel* darauf verwandt hat, nicht erwarten. Bedenkt man indessen, dass damals alle astronomischen Rechnungen weniger bequem waren, dass die Methoden, elliptische Bahnen zu berechnen, noch viel zu wünschen liessen, dass damals weder *Gauss*' Theoria motus noch die Methode der kleinsten Quadrate bekannt waren und dass nur häufig wiederholte Näherungen zu einer Bahn führen konnten, welche eine Reihe von Beobachtungen gut darstellte, dass ferner *Bessel* alles dazu Nöthige erst selbst entwickeln oder aus verschiedenen astronomischen Schriften zusammentragen musste, so wird man eher zu schätzen wissen, was in jener Zeit eine so gründliche Arbeit wie diese erste von *Bessel* zu bedeuten hatte. Und in der That ist die in dem erwähnten Folianten deponirte Arbeit in Beziehung auf Zeit und Mühe so ausserordentlich, dass sie auch noch heutigen Tages Jedem zur grossen Ehre gereichen würde, der sie in wenigen Monaten vollendete, selbst wenn er keine andere zeitraubende Geschäfte nebenbei zu treiben hätte; *Bessel* konnte ihr nur die Stunden weihen, die gewöhnliche Menschen der Erholung und dem Schlafe widmeten. Die Ueberreichung der ersten Bearbeitung an *Olbers*, von der *Bessel* selbst in seinen Notizen ausführlicher erzählt*), geschah am 28. Juli 1804; in Folge derselben ward *Bessel* von *Olbers* veranlasst, auch noch zwei Beobachtungen des Cometen von *Longomontan* mit zu benutzen. *Bessel* verglich diese mit seinen Elementen, fand, dass sie nicht gut durch dieselben dargestellt wurden, reducirte dann selbst beide Beobachtungen mit der ihm eigenen Schärfe und Genauigkeit und suchte nun durch weitere mühsame Versuche eine neue Bahn, die sich auch den *Longomontan*'schen Beobachtungen anschloss; die so verbesserte Abhandlung wurde schon zwei Wochen später, am 16ten August, an *Olbers*, der damals gerade im Bade zu Rehburg war, abgesandt, und von ihm sogleich an

*) Die in einigen biographischen Skizzen über *Bessel* gegebene Nachricht, dass *Olbers* zufällig *Bessel*'s Rechnungen im *Kuhlenkamp*schen Hause gesehen und dadurch auf denselbsn aufmerksam geworden sei, ist also unrichtig.

4*

Zach geschickt, der sie im Novemberheft seiner Monatl. Correspondenz publicirte, begleitet von dem Lobe sowohl *Olbers'* als *v. Zach's*. *Olbers* sagt über diese Arbeit: „Könnte man etwas daran tadeln, so wäre es die Verschwendung von Zeit und Mühe, die weit grösser ist, als es die *Harriot*'schen sonst schätzbaren Beobachtungen ihrer Natur nach verdienen konnten," und in diese Ansicht wird man um so lieber einstimmen, wenn man, *Bessel*'s Rechnungen durchblätternd, überall eine Genauigkeit und Sorgfalt erblickt, welche auch den besten Beobachtungen der spätern Zeit vollständig genügen würde, und hier überall 7 Decimalstellen und Zehntelsekunden berechnet sieht, wo die Beobachtungen kaum auf Zehntelgrade sicher und zuverlässig erscheinen. Aber dieses Streben, in der Rechnung nichts zu vernachlässigen und überall darin die nach den vorhandenen Hülfsmitteln erreichbare oder wünschenswerthe Genauigkeit anzuwenden, liess *Bessel* schon so früh erkennen, wie weit die Beobachtungskunst meistens damals noch zurück war, und hat gewiss dazu beigetragen, dass er stets bemüht war, auch letztere so hoch zu heben, dass die Berücksichtigung von Zehntelsekunden nicht mehr eine blosse Zahlenspielerei blieb. Diese so weit ausgedehnte Genauigkeit der Rechnung finden wir bei allen Arbeiten *Bessel*'s, und es scheint für seine unerschöpfliche Arbeitskraft und bei seiner Geschwindigkeit und Gewandtheit im Rechnen für ihn ziemlich gleichgültig gewesen zu sein, ob er bei weitläufigen Rechnungen ein paar Decimalen mehr oder zuviel mit berücksichtigte, so dass vielleicht auch diese Arbeit über den Cometen von 1607 kaum weniger scrupulös geführt sein würde, wenn *Olbers* vorher ihn auf die grosse Unsicherheit der Beobachtungen aufmerksam gemacht und vor unnöthiger Mühe gewarnt hätte. Ueber die bei irgend einer astronomischen Rechnung anzuwendende Grenze der Genauigkeit kann immer wohl nur ein aus der Erfahrung allein entspringender Tact, natürlich mit Rücksicht auf den beabsichtigten Zweck und verbunden mit der nöthigen Einsicht in die gegebenen Verhältnisse, entscheiden und ein Streit über die anzuwendende Genauigkeit im Allgemeinen, wie er noch kürzlich durch *Leverrier* gegen *Valz* in der Pariser Academie angeregt wurde, kann natürlich zu keinem Resultate führen. *Bessel* äusserte in späterer Zeit bisweilen gegen seine Schüler: „Machen Sie nur auf meine Verantwortung hin immer Alles, was Sie machen, so gut, als Sie es

nur irgend können," und die Arbeit über den *Halley*'schen Cometen von 1607 zeigt deutlich, dass er selbst diesen Grundsatz von Anfang an bei seinen Rechnungen verfolgt hat, aber es gehört dann auch ein ***Bessel***'scher Geist und Körper dazu, um bei so schwierigen, durch erweiterte Genauigkeit auch an Mühe und Arbeit gewaltig vermehrten Arbeiten nicht körperlich zu unterliegen oder geistig zu erschlaffen. Namentlich ist das für jüngere Astronomen, die von dem Wunsche beseelt sind, ihre Rechnungen so genau zu führen, dass diese nichts zu wünschen übrig lassen und sich in unermessliche Rechnungen vertiefen, immer eine Klippe, und es fehlt nicht an Beispielen, wo schöne Talente an jener Klippe scheiterten. Derselbe Comet, durch dessen Berechnung ***Bessel*** in die Reihe der Astronomen eintrat, wurde für ***Westphalen,*** der für die Beobachtungen von 1835 die wahrscheinlichste Bahn desselben durch die langwierigsten, mit der allergrössten erreichbaren Genauigkeit geführten Rechnungen suchte, die Ursache seines frühen Todes. ***Flemming,*** der unter ***Bessel***'s Leitung die Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Uranus prüfen wollte, um dem unbekannten störenden Neptun auf die Spur zu kommen, kam nicht über die unendlich weitläufigen Reductionsrechnungen*) hinaus, an denen er lange Jahre hindurch rechnete, während ***Leverrier*** in wenig Monaten das gewünschte Ziel erreichte.

In Beziehung auf den wissenschaftlichen Inhalt jener ersten gedruckten Arbeit ***Bessel***'s hat es noch einiges Interesse zu erwähnen, auf welchem Wege ***Bessel*** zu den berechneten Elementen der Cometenbahn gelangte und welche Bedingungen er zu erfüllen suchte, um die vorhandenen Beobachtungen durch dieselbe genügend darzustellen, da in der Arbeit selbst darüber gar nichts erwähnt wird. Die Methode der kleinsten Quadrate war damals, wenn auch schon von *Legendre* und *Gauss* erfunden, doch noch nicht weiter bekannt, noch keineswegs in die Wissenschaft eingedrungen und die Berechnung elliptischer Bahnen überhaupt nicht häufig angewandt und daher die Methoden ihrer Berechnung noch sehr weit entfernt von der Eleganz und sicheren Kürze,

*) Astronomische Nachrichten No. 705.

welche sie heutigen Tages erlangt haben. Wir werden dies am am besten erkennen und die ungeheure Arbeit, welche ***Bessel*** damals auf dieses jetzt so einfache und bequem gemachte Problem verwenden musste, deutlich uns veranschaulichen können, wenn wir den Gang seiner Rechnung specieller verfolgen. —

Schon ein Jahr vor dieser Arbeit, am 1sten Juni 1803, schrieb ***Bessel*** an *Thilo:* „Ich studire jetzt *Olbers*' Methode der Berechnung einer Cometenbahn. Das Buch ist sehr ordentlich und fasslich geschrieben, wie sich das von *Olbers* von selbst versteht. Ueberall erkennt man den grossen theoretischen Astronomen, der mehr kann, als Planeten entdecken.“ Gleichwohl findet sich später nirgends etwas, welches darauf hindeutete, dass ***Bessel*** auch practische Anwendungen zur Berechnung von Bahnen gemacht habe, und die Arbeit über den Cometen von 1607 scheint wirklich die erste Anwendung der Art gewesen zu sein. Es ist deshalb um so mehr zu verwundern, dass ***Bessel*** sich sogleich an die Berechnung einer elliptischen Bahn wagte, und sich in diesen Rechnungen, wie das die vorhandenen Bücher zeigen, mit einer Sicherheit und Umsicht bewegte, die im Allgemeinen wohl erst durch vielfache Uebung und Erfahrung erreicht werden.

Nachdem die Beobachtungen von *Harriot* und *Torporley* sorgfältig reducirt und so viel als irgend möglich in Beziehung auf ihre Sicherheit geprüft waren, berechnete ***Bessel*** zunächst aus dreien eine parabolische Bahn, und formirte dann nach der *Newton*'schen Methode*) drei Hypothesen für Knoten und Neigung der Bahn und berechnete für vier Beobachtungen die den drei Hypothesen entsprechenden Werthe von r (Radiusvector) und $v - \Omega$ (Argument der Breite). Diese vier Beobachtungen werden dann zu je drei combinirt, um auf diese Weise die Werthe von Ω und i zu bestimmen; da aber von den vier Combinationen, welche ***Bessel*** berechnet, nur eine brauchbare Werthe zu geben scheint, so werden noch drei neue Beobachtungen hinzugenommen, so dass im Ganzen für sieben Beobachtungen die jeder der drei Hypothesen entsprechenden Werthe von r und $v - \Omega$ berechnet werden. Nach der *Olbers*'schen Methode werden aus den Werthen

*) Siehe *Olbers*' Abhandlung, § 68 u. ff.

r und $v-v'$ zunächst die Chorden und daraus durch das *Lambert*'sche Theorem die Zwischenzeiten berechnet. *Bessel* umgeht die Berechnung der Chorden ganz durch folgende Entwickelung.

Es ist

$$k^2 = r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(v-v')$$

$$= (r+r')^2 - 2rr' [1 + \cos(v-v')] = (r+r')^2 - 4rr' \cos\tfrac{1}{2}(v-v')^2$$

Setzt man

$$\cos A = \frac{2 \cos \frac{1}{2}(v-v') \sqrt{rr'}}{r+r'}$$

so ist

$$\frac{k}{r+r'} = \sin A$$

Da nun

$$T = \frac{\left(\frac{r+r'+k}{2}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{r+r'-k}{2}\right)^{\frac{3}{2}}}{m \cdot 3\sqrt{2}} = \frac{(r+r'+k)^{\frac{3}{2}} - (r+r'-k)^{\frac{3}{2}}}{12\,m}$$

so folgt

$$T = \frac{[(1+\sin A)^{\frac{3}{2}} - (1-\sin A)^{\frac{3}{2}}]\,(r+r')^{\frac{3}{2}}}{12\,m}$$

$$= \frac{(r+r')^{\frac{3}{2}}}{12\,m} (2)^{\frac{3}{2}} [\cos(45 - \tfrac{1}{2}A)^3 - \sin(45^\circ - \tfrac{1}{2}A)^3]$$

$$= \frac{(r+r')^{\frac{3}{2}}}{12\,m} \cdot 2^{\frac{3}{2}} [\tfrac{3}{4}\cos(45^\circ - \tfrac{1}{2}A) + \tfrac{1}{4}\cos(135^\circ - \tfrac{3}{2}A)$$

$$- \tfrac{3}{4}\sin(45^\circ - \tfrac{1}{2}A) + \tfrac{1}{4}\sin(135^\circ - \tfrac{3}{2}A)]$$

$$= \frac{(r+r')^{\frac{3}{2}}}{12\,m} (3 \sin\tfrac{1}{2}A + \sin\tfrac{3}{2}A)$$

Es ist hier

$\frac{1}{12\,m}$ Constant

$$\log \frac{1}{3\sqrt{2} \cdot m} = 1.4378117 \quad (Olbers)$$

$$\log 2\sqrt{2} = 0{,}4515450$$

$$\log \frac{1}{12\,m} = 0{,}9862667$$

Auf solche Weise werden nun wirklich für 13 Zwischenzeiten die Werthe aus allen 3 Hypothesen berechnet, und nun 8 Mal je

3 Beobachtungen combinirt und auf diese Weise 8 Werthe des Knotens und der Neigung gefunden, aber nur diejenigen 6 davon ausgewählt, welche die entferntesten Beobachtungen umfassen und zu Mittelwerthen vereinigt. Mit Hülfe der so gefundenen Werthe von ☊ und *i* werden nun aus 5 Beobachtungen, zu je 2 combinirt, 6 Werthe für den Abstand des Perihels von ☊ berechnet und damit für jede der 5 Beobachtungen der Werth der Sonnenferne des Cometen im Perihel, so wie die Durchgangszeit durch das Perihel. Auf diese Art sind also folgende 5 Elemente (II)

Zeit der Sonnennähe	1607 October 16/26	$16^h 59^m 12^s 2$
Länge des Knoten	46° 36′ 47″1	
„ „ Perihel	301 6 27,9	
Neigung der Bahn	162 37 31,2	
Log des kleinsten Abstandes π		9.7681066
Log der mittl. tägl. Bewegung $= log \left[\frac{Const.}{(\pi)^{\frac{3}{2}}}\right]$		0.3079684

gleichsam dadurch gefunden, dass durch verschiedene Combination der Beobachtungen für jedes Element 5 bis 6 Werthe bestimmt und hieraus die Mittel genommen wurden. Sie gründen sich zunächst auf die fünf Beobachtungen, welche zur Berechnung der Elemente am schicklichsten schienen.

Nun wurden die sämmtlichen Beobachtungen von *Harriot* und *Standish*, 12 an der Zahl, nicht nur mit diesem Elementensystem verglichen, sondern auch mit 5 andern Systemen, in welchen jedesmal eins der Elemente eine bestimmte Abänderung erhalten hatte, um den Einfluss dieser Aenderung auf sämmtliche 12 geocentrische Oerter zu bestimmen, gewiss eine sehr mühsame Rechnung im Vergleich mit der jetzt so einfachen Berechnung der Differenzialquotienten. So erhielt ***Bessel*** endlich die 12 Bedingungsgleichungen in Länge und 12 Gleichungen in Breite, welche die Differenzialquotienten der geocentrischen Länge und Breite in Beziehung auf die Aenderungen der Elemente darstellten. Durch Zusammenziehen einiger Beobachtungen verwandelt ***Bessel*** die 12 Längen- und Breitengleichungen in je 8. Jetzt hätte auf diese 16 Gleichungen die Methode der kleinsten Quadrate angewendet werden müssen, wobei jedoch die Schätzung des relativen Gewichtes der verschiedenen Beobachtungen untereinander jedenfalls

auch wieder grosse Unsicherheit und Willkür übrig gelassen haben würde. Der Weg, den ***Bessel*** hier einschlug, ist, so wie auch bei den ähnlichen späteren Operationen, dem ähnlich, der schon bei Ermittelung der vorhin angeführten Elemente befolgt war. Durch verschiedene Combination der Bedingungsgleichungen berechnete er für die Correctionen von Ω und i in gleicher Weise drei Werthe und wählte aus diesen die aus, welche ihm die grösste Zuverlässigkeit zu besitzen schienen, und so weiter die übrigen Correctionen durch Combination möglichst vieler der Bedingungsgleichungen. Für die so gefundenen corrigirten Elemente (III) sucht er durch Substitution in die Bedingungsgleichungen die übrigbleibenden Fehler, damit nicht zufrieden, sucht er durch andere Combinationen und weitläufige Rechnungsarten, deren detaillirte Darlegung zu umständlich sein würde, nach einander noch mehrere Elementensysteme, ohne für die Beobachtungsfehler Werthe zu erhalten, welche ihn befriedigen, und kommt endlich zu dem Resultat, welches er in folgenden Worten niederschreibt: „Alle die vielen Parabeln, die ich berechnete, stellen die Beobachtungen nicht mit der zu wünschenden Genauigkeit dar. Sollte wohl die Ellipticität der Bahn so grossen Einfluss haben? Ich will demnach elliptische Elemente berechnen und sie durch die gefundenen Differenziale verbessern." Indem ***Bessel*** nun folgende Durchgangszeiten durch das Perihel annimmt

1531	246 Tage	$21^h 28^m$	Umlaufszeit	27581,501 Tage	$= t$
1682	257	21 31		356,25639 Erde	$= T$

$$T^2 : t^2 = 1 : a^3 \qquad a^3 = \frac{t^2}{T^2}$$

$$a = 17,86543$$

und für die halbe grosse Axe den eben gegebenen Werth setzt, geht er nun von den von *Halley* gegebenen elliptischen Elementen aus, vergleicht mit diesen die Beobachtungen von *Standish* und *Harriot* und leitet so wieder die Differenzialgleichungen in Länge und Breite ab, indem er die früher aus den parabolischen Elementen II abgeleiteten Werthe der Differenzialquotienten beibehält.

Aus den so formirten Differenzialgleichungen leitet er ähnlich wie oben bei der Parabel wieder mehrere Elementensysteme durch verschiedene Combination der Gleichungen ab und wählt das aus

Gründen ihm am zuverlässigsten scheinende (VI) *). Diese Elemente stimmen mit den guten Beobachtungen schon ziemlich gut, allein *Bessel*, wünschend, sie denselben noch besser anzuschliessen, ändert noch Ω und *i*, wodurch die *Harriot*'schen Beobachtungen (mit Ausnahme einiger offenbar unsicherer) besser dargestellt werden; die von *Standish* dagegen schlechter. Die so gefundenen Elemente VII sind es, welche er *Olbers* überreicht. — Auf *Olbers*' Rath vergleicht er dieselben nun noch mit den beiden Beobachtungen von *Longomontan*. Die Elemente weichen stark ab. *Bessel* reducirt also die beiden Beobachtungen selbst auf's Neue, erhält aber nahezu dieselben Resultate und entschliesst sich nun, eine neue Ellipse zu rechnen. Er formirt also wieder 3 Hypothesen, wendet dieselben auf 5 Beobachtungen an, indem er für diese die zugehörigen Werthe von $v—\Omega$ und r berechnet und daraus (nach der von *Olbers*, § 80, gegebenen Formel) den Parameter der Bahn sucht, wobei die fünf Beobachtungen, auf vierfache Art combinirt, 4 Werthe für den Parameter geben, allein die Rechnung zeigt, dass auf diese Weise die Werthe von $d\Omega$ und di sich nicht bestimmen lassen, und *Bessel* beschliesst nun, durch successive Aenderung der Elemente VII nochmals Differenzialquotienten für die 5 besten

*) Bei der Ableitung der elliptischen Anomalie aus der parabolischen scheint *Bessel* sich der Tafel V von *Pacassi* (in dessen Uebersetzung von *Euler*'s Theoria mot. plan. et com.) bedient zu haben, die er aber für seinen Gebrauch abgeändert hat. Er berechnet

$$sin \text{ Correction} = \frac{q}{a} x$$

$$\begin{array}{lrl} log\ q = & 9.7685 & \\ log\ a & 1.2520 & \quad 17.865 \\ \hline & 8.5165 & \end{array}$$

und muss für x eine Tafel gehabt haben.

Pacassi hat

$$\text{Corr. in Min.} = y \cdot \frac{q}{2\ a}$$

$$\frac{\text{Corr. in Min.}}{\text{Rad. in Min.}} = \frac{q}{a} x = \frac{q}{a} \frac{y}{2. \text{Rad.}}$$

$$x = \frac{2 \text{ Rad. in Min.}}{y}$$

y ist der Log in *Pacassi*'s V. Tafel.

Beobachtungen zu berechnen. So erhält er nochmals 10 Bedingungsgleichungen, 5 in Länge und 5 in Breite. Er combinirt diese auf 3 Arten und erhält so drei Werthe für jede Correction der Elemente, woraus das Mittel genommen wird. Ein Theil dieser Rechnung ist durch ein Versehen falsch, es werden daher 2 neue Combinationen berechnet und schliesslich aus den beiden Combinationen, welche fast alle Bedingungsgleichungen enthalten, die Mittelwerthe genommen; so sind aus dem System VII gleichsam 3 neue abgeleitet, von denen 2 zu Mittelwerthen verbunden, das System VIII geben, für welches *Bessel* die übrigbleibenden Fehler durch Substitution ermittelt. Er zieht es dann vor, 2 andere Systeme zu combiniren, wodurch endlich das System XI hervorgeht, welches als letztes beibehalten und in der Abhandlung gedruckt ist. Mit diesem werden nochmals die 10 Hauptbeobachtungen verglichen, wodurch die in der Abhandlung gegebenen Fehler der Beobachtung hervorgehen.

Das ist der unendlich mühsame und weitläufige Weg, auf welchem *Bessel* zu seinen Elementen gelangte, und die ganze ungeheure darauf verwandte Arbeit deutet er nur durch die wenigen Worte an: „Ich erhielt durch wiederholte Annäherung folgende Elemente.“ Hätte *Bessel* über den Gang seiner Rechnungen, die zu diesen Elementen führte, einige nähere Details angegeben, so würde dies nicht nur den ausserordentlichen Fleiss, den er auf diese Arbeit verwandt hatte, noch fühlbarer gemacht, sondern auch gezeigt haben, dass seine wiederholte Annäherung nicht blos etwa eine allmälige Verbesserung einer einzigen, etwa auf drei Normalörter gestützten Bahn war, sondern ein Product mannigfaltiger Combinationen der vorhandenen Beobachtungen, ein allmäliges Herausfühlen der unsichern Data und ein mühsames Ausfeilen einer Bahn, die allen guten Beobachtungen sich möglichst nahe anschmiegte. Der Leser würde dann sofort erkannt haben, dass, wenngleich der Gang der Rechnungen im Vergleich mit der heutigen Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate gewissermassen willkürlich genannt werden muss, doch Alles versucht wurde, um die Elemente so sicher als möglich zu bestimmen, und dass schwerlich auf irgend eine Weise sich aus den Beobachtungen

eine andere Bahn bestimmen liesse, von der man eine grössere Annäherung an die Wahrheit annehmen oder behaupten könnte. Schwerlich ist jemals so viel Mühe, Fleiss und Sorgfalt auf die Berechnung elliptischer Elemente eines Cometen aus so rohen Beobachtungen wie die hier vorhandenen verwendet worden.

II. Epoche.

(August 1804 bis März 1806.)

Fernerer Aufenthalt in Bremen nach der Bekanntwerdung mit *Olbers* bis zur Uebersiedelung nach Lilienthal.

Ich habe die vorhergehende Epoche deshalb ziemlich ausführlich behandelt, weil wir in ihr am besten erkennen, was *Bessel* durch sich allein wurde und wie sich die astronomische Thätigkeit so ganz aus seinem eigenen inneren Antriebe bis zu einem sehr hohen Grade entwickelte. Die Arbeit über den *Halley*'schen Cometen, welche den Schluss jener Epoche bildet, ist nicht nur deshalb ein wesentlicher Abschnitt in *Bessel*'s Leben, weil sie ihn mit *Olbers* in Berührung brachte und ihm schnell dessen ganze Achtung und Zuneigung verschaffte, sondern weil durch sie *Bessel* aus der Verborgenheit hervortrat und theils durch *Olbers*, theils durch die Publicirung seiner Arbeit nun auch mit anderen Astronomen in Verkehr trat und so enger an die Astronomie selbst geknüpft wurde. Hatte er bis dahin nur zu seinem Vergnügen Beobachtungen und Rechnungen ausgeführt, so wird von nun an sein Streben, der Wissenschaft zu nützen, indem er seinen Fleiss, ermuthigt durch den schönen wohlverdienten Erfolg der ersten Arbeit, nur solchen Aufgaben zuwendet, wodurch die Wissenschaft bereichert und vorhandene Lücken ausgefüllt werden. Daher hören von nun an die Beobachtungen mit dem Sextanten fast ganz auf, denn die dazu erforderliche Zeit konnte besser angewandt werden, und *Olbers*' Sternwarte bot vollkommnere Hülfsmittel, die ihm zu Gebote standen, wenn irgend eine nützliche Beobachtung anzustellen war oder Uebungen zu weiterer practischer Vervoll-

kommnung vorgenommen werden sollten. — Bei Gelegenheit eines im Jahre 1840 für *Flemming* ausgestellten Empfehlungsschreibens spricht ***Bessel*** seine Ansicht dahin aus, dass ein junger Mann nicht eher als der Wissenschaft der Astronomie angehörig betrachtet werden dürfe, und nicht eher den Ehrentitel eines Astronomen verdiene, als bis seine Fähigkeit zu ihren Geschäften und sein Fleiss in ihrer Ausführung eine Probe bestanden haben, welche geeignet ist, ihm selbst in allen Fällen, wo beide in Anspruch genommen werden müssen, Vertrauen auf seine Kraft einzuflössen. Eine solche Probe in ***Bessel***'s eignem Leben war aber, wie man aus dem Vorhergehenden genügend ersehen wird, eben diese Arbeit über den Cometen von 1607, und wenn ***Bessel*** schon in seiner Jugend jene Ansicht hegte, so durfte er sich selbst nach der Vollendung solcher Arbeit als Astronom betrachten. Er hatte die Probe, die den Verehrer und Liebhaber der Astronomie von dem eigentlichen Astronomen scheidet, glücklich und glänzend bestanden, und die Folgen davon treten auch sichtbar und bald in seinem ferneren Leben und Handeln hervor. —

Hier schliesst das Manuscript. *Wichmann* hat kurz vor seinem Tode noch die folgenden Worte hinzugefügt. *P.*

Sollte die Fortsetzung dieser Arbeit durch meinen Tod verhindert werden, so wünsche ich, dass das Buch an Prof. *Erman* in Berlin geschickt wird, damit derselbe damit mache, was er für gut hält. — *W.*

1859, Januar.

Beitrag zur Kunde der periodischen Entwickelung der Pflanzen.

Von

Dr. *F. H. Germar.*

Die interessante Abhandlung des Herrn *A. Quetelet,* Directors der Sternwarte in Brüssel, welche mir im ersten Hefte dieser Zeitschrift vom Herrn Herausgeber derselben gütig mitgetheilt wurde, veranlasste mich gegen diesen zu der Aeusserung, dass in dem Schlosspark meines vieljährigen Aufenthalts zu Augustenburg auf der Insel Alsen sich hundertjährige Beobachtungen über die Laubentfaltung der dortigen frühen Buchen befunden hätten. Auf dessen Wunsch, ein Verzeichniss jener Beobachtungen zu erhalten, erwiederte ich, dass ich ein solches bereits vor vielen Jahren angefertigt hätte, und es gern mittheilen wolle, wenn ich es nur auffinden könne.

Als ich nämlich im Jahre 1809 von dem Vater des gegenwärtigen Herzogs zu Schleswig-Holstein-Sonderburg-Augustenburg aus meinem frühern Wirkungskreise, als Rector der Gelehrtenschule in Glückstadt, zum Lehrer seiner beiden damals noch jungen Prinzen und zugleich zum Hofprediger berufen ward, erregten einige der schönen palmenförmigen und bis über 100 Fuss ansteigenden Buchen im Park des Schlosses, wie sie auch an der ganzen Ostküste beider Herzogthümer häufig angetroffen werden, meine besondere Aufmerksamkeit durch die in ihre Rinde eingeschnittenen Zeitangaben, und ich erfuhr, dass eine ungewöhnlich frühe Laubentfaltung einer dieser Buchen in der Mitte des vorigen Jahrhunderts den damaligen Herzog zu dem Befehl veranlasst habe, dass die Inschrift: **1750 den 5. April hat dieser Baum Laub gehabt,** mit Uncial-Buchstaben in die Rinde geschnitten, und in jedem fol-

genden Frühlinge die Zeitangabe des nämlichen Ereignisses fortgesetzt werden solle, welches auch mit einigen Versäumnissen ausgeführt sei.

Nach einigen Jahren hatte die Rinde des nämlichen Baumes keinen Platz mehr dargeboten, daher man sich genöthigt sah, andere benachbarte von der nämlichen frühen Art zu Hülfe zu nehmen. Denn spätere vieljährige Beobachtungen haben mich überzeugt, dass es auch bei den Rothbuchen, eben wie es von den Sommer- und Winterlinden und anderen Bäumen längst bekannt ist, eine Art geben muss, welche früher als andere belaubt wird, ungeachtet die Forstmänner, welche ich darüber befragte, nichts davon wissen wollten. In jedem Frühlinge habe ich nämlich gesehen, dass nicht bloss die mit den Inschriften bedeckten Buchen, sondern auch eine Menge anderer an den verschiedenartigsten Stellen des Parks in völlig entfaltetem Laube standen, während bei den übrigen alle Knospen noch völlig geschlossen waren, und nach der Verschiedenheit der Witterung erst 8 bis 14 Tage später sich entfalteten; ja, dass sogar an einer Stelle, wo zwei Buchen in unmittelbarer Nähe standen, diese Verschiedenheit nicht bloss an ihnen selbst, sondern auch an dem unter jedem derselben befindlichen jungen Aufwuchs sich zeigte. Indess habe ich, ausser der frühern und spätern Entfaltung, keine andere Verschiedenheit an ihnen wahrnehmen können, als dass bei der spätern Art die halbentfalteten Blätter ein dunkleres Grün zeigten, mit welchem die hellen feinen Haarränder einen stärkeren Contrast bildeten.

Als ich nun nach mehreren Jahren bemerkte, dass manche der älteren Einschnitte bereits anfingen, durch das Verwachsen der Rinde theils undeutlich, theils unleserlich zu werden, schien es mir unverantwortlich, einen so interessanten Frühlings-Kalender in der Länge der Zeit verschwinden und untergehen zu sehen, da ich ihn nicht bloss für die dortige Gegend, sondern auch in wissenschaftlicher Hinsicht für vorzüglich beachtenswerth hielt, weil er sich an perennirende Gewächse knüpfte, deren Entwickelung weder von der Zeit der Pflanzung noch von andern Zufälligkeiten abhängen kann, während diese auf flachwurzelnde Pflanzen in cultivirter Erde wahrscheinlich grössern Einfluss haben. Es lässt sich also annehmen, dass bei jenen die Wirkung, die Gesammt-Witterung einer längern Jahreszeit auf die Vegetation, so wie der Schluss

von dieser auf die Gesammt-Witterung der vorhergegangenen reiner und bestimmter hervorgehen werde. Würden also an vielen Orten ähnliche Beobachtungen an den nämlichen Pflanzen angestellt, so dürften sie vielleicht zu interessanten Vergleichungen über die Verschiedenheiten des Klimas unter gleichen und verschiedenen Breitengraden, so wie über die Abweichungen desselben in verschiedenen Jahren führen können.

Diese Gründe bewogen mich im Jahre 1827, ein Verzeichniss der Inschriften, so weit ich sie noch auffinden und enträthseln konnte, aufzunehmen. Ich schrieb daher die Reihenfolge der Jahre von 1750 bis 1827 auf ein Papier, und suchte dann die entsprechenden Monatstage von den verschiedenen Bäumen, in welche sie ohne alle Ordnung durch einander eingeschnitten waren, hinzuzufügen, wobei freilich in den frühern Jahren viele Lücken zum Vorschein kamen, doch bei den spätern seltener wurden.

Lange blieb jedoch alles Suchen nach jenem Verzeichnisse vergeblich, und auch die freundlichen Bemühungen einer zuverlässigen Freundin zu Augustenburg führten nur für die neueste Zeit zu befriedigenden Ergebnissen, weil viele Inschriften mit den Bäumen verschwunden und andere unlesbar geworden waren. Doch erhielten diese Angaben für mich einen grossen Werth, als sich endlich mein eigenes Verzeichniss fand, und es sich zeigte, dass dasselbe nach 1827 nicht fortgesetzt, sondern aufgeschoben war, bis meine plötzliche Entfernung die Aufzeichnung unmöglich gemacht hatte. Jetzt sah ich mich nämlich in den Stand gesetzt, die ganze Jahresreihe von 1750 bis 1856, mit Ausnahme der schon erwähnten Lücken, zu veröffentlichen. Indem ich dieses jetzt thue, scheint es mir rathsam, jene Lücken ausdrücklich anzugeben, und das Fragezeichen beizubehalten, mit denen die undeutlichen, also zweifelhaften Monatstage bezeichnet sind, um das Ungewisse vom Zuverlässigen zu unterscheiden.

1750 — April 5
1751 — April 24
1752 — April 24
1753 — April 27
1754 bis 1756 fehlen
1757 — April 20
1758 und 1759 fehlen
1760 — April 24
1761 bis 1764 fehlen
1765 — April 24

1766 bis 1775 fehlen
1776 — April 18
1777 fehlt
1778 — April 17
1779 — April 5
1780 — Mai 1
1781 und 1782 fehlen
1783 — Mai 7
1784 — Mai 12
1785 — Mai 1 od. 11?
1786 — April 26
1787 — April 14
1788 — April 30
1789 — Mai 6
1790 — April 28
1791 — April 17
1792 — April 24
1793 — Mai 2
1794 — April 15
1795 bis 1797 fehlen
1798 — April 21
1799 — Mai 17
1800 — April 24
1801 — April 26
1802 fehlt
1803 — April 15
1804 — April 24
1805 — Mai 10
1806 — Mai 9
1807 — Mai 3
1808 — Mai 9?
1809 — Mai 8
1810 — April 30
1811 April 27
1812 — Mai 12
1813 — April 21
1814 — April 26?
1815 — April 12?
1816 — April 27
1817 — Mai 1
1818 — Mai 1
1819 — April 16
1820 — April 19
1821 — April 22
1822 — April 19
1823 — Mai 1
1824 — April 27
1825 — April 26
1826 — April 24
1827 April 17
1828 — April 7
1829 und 1830 fehlen
1831 — April 20
1832 — April 28
1833 fehlt
1834 — April 20
1835 — April 26
1836 — April 10
1837 — Mai 10
1838 — Mai 6
1839 — Mai 5
1840 — April 21?
1841 und 1842 fehlen
1843 — April 19
1844 — April 26
1845 fehlt
1846 — April 17
1847 — Mai 7
1848 bis 1850 fehlen
1851 — April 21
1852 — Mai 16?
1853 bis 1855 fehlen
1856 — April 17

Aus diesem Verzeichnisse ergiebt sich, dass die früheste Laubentfaltung zweimal auf den 5ten April fiel. Bei dem ersten Male im Jahre 1750 hätte es zweifelhaft scheinen können, ob der 5. oder 15. April zu lesen sei, weil vor der Zahl 5 sich ein Riss in der Rinde befand, der allenfalls für eine 1 hätte gelten können. Doch erhellet die Richtigkeit der Zahl 5 nicht bloss aus der übereinstimmenden Tradition der älteren Schlossbewohner, sondern auch aus der Unwahrscheinlichkeit, dass eine Laubentfaltung am 15ten, welche mehrmals, z. B. 1786, 1815, 1828 und 1836, übertroffen wird, dem damaligen Herzoge so merkwürdig hätte erscheinen können, dass sie ihn zu dem obenerwähnten Befehle veranlassen konnte. Ueberdies kommt der nämliche 5. April bei dem Jahre 1779 noch ein Mal vor, und bei diesem hatte ich ausdrücklich bemerkt, „dass die Zahl 5 sehr deutlich und vor derselben nichts wahrzunehmen sei." Auch kommt beim Jahre 1828 die Monatszahl April 7 und noch bei 1836 die Zahl April 10 jenem frühesten so nahe, dass alle Zweifel verschwinden müssen.

Dagegen findet sich die späteste Laubentfaltung beim Jahre 1799 am 17ten Mai, und ich selbst erinnere mich von meinem damaligen Aufenthalt in Sachsen dieses ungewöhnlich verspäteten Frühlings und der Erzählung, dass man noch um Pfingsten auf dem Erzgebirge Schlittenbahn hatte. Auch die Jahre 1784, 1837 und 1852 kommen dieser Verspätung sehr nahe. Die beiden Extreme der Laubentfaltung liegen also 43 Tage oder reichlich 6 Wochen auseinander, worauf ich den berühmten Reisenden, Hrn. *Kohl*, bei seiner Anwesenheit im Jahre 1845 aufmerksam machte, daher er dieselben auch in seinem Werke: „Reisen nach Dänemark" mitgetheilt hat.

Dass auf der Insel Alsen ein See-Klima zu finden sein muss, lehrt schon die Lage derselben. Dieses hat jene mit beiden Herzogthümern gemein; doch ist der Sommer dort weniger kühl, als die Westküste derselben, und der Winter weniger kalt, als in Holstein, und besonders im südlichen Theile desselben. Ersteres erhellet schon daraus, dass ein ächter Kastanienbaum dort zuweilen reife Früchte brachte, und eine wenigstens 50 Jahre alte magnolia tripetala, welche im Palaisgarten zwar an einer geschützten Stelle, aber doch in freier Luft stand, jährlich ihre grossen Blüthen lieferte. Auch werden die salzigen rauhen West-

winde, welche alle westlichen Seiten der Waldungen in beiden Herzogthümern sichtlich abschrägen, durch die waldigen Höhen des Festlandes zwar nicht abgehalten, aber doch so gemildert, dass ihre nachtheiligen Wirkungen weniger auffallend werden. Dagegen steigen auf der offenen Ostseite, sogar auf hohen Küsten, die schlanken palmenartigen Buchen, wie auf dem ganzen fruchtbaren Theile der Ostküste der beiden Herzogthümer, so auch hier, weit über 100 Fuss Höhe empor. Ein ausgezeichnetes Exemplar dieser Art befand sich nebst vielen ähnlichen, aber minder vollkommenen im Schlosspark. Der wie auf einer Drechselbank gefertigte, vollkommen runde und grade, durchaus moosfreie, weissschimmernde Stamm, der einige Fuss über der Wurzel über 3 Fuss im Durchmesser hielt, stieg ohne alle Nebenzweige über 60 Fuss hoch, bis seine schöne Krone sich zu bilden anfing.

Im Winter dagegen erinnere ich mich während meines fast 40jährigen Aufenthalts zu Augustenburg keines höheren Kältegrades als —16° R., und dieser dauerte kaum ein paar Tage, während aus dem südlichen Holstein 20 bis 24° Kälte berichtet wurden. Daher kam auch der zwei Meilen breite Belt zwischen Alsen und Fyen nur selten und meistens auf kurze Zeit zum Stehen des Eises und zur Uebergangsfähigkeit. Die Ursache dieser Bevorzugung der Insel, die unter 55°, also mit Königsberg und Moskau fast unter gleicher Breite liegt, vor dem südlichen Holstein und dem grössesten Theile des übrigen Deutschlands mag wohl darin zu finden sein, dass fast alle östlichen Winde dort über die See kommen, welche, so lange sie nicht mit Eis bedeckt ist, die Temperatur der Luft mildert, dass aber eben diese Winde bereits im südlichen Holstein von Russland und Sibirien her über Land streichen.

Druckfehler im zweiten Hefte dieser Zeitschrift.

Seite 110, Zeile 13 v. u. Mittel-, statt Brenn-.
" 127, " 11 v. u. einer Hypothese, statt ein Hypothese.
" 129, " 2 v. u. von der 1. bis zur 8. Grösse, statt von der bis zur 8. Grösse.
" 130 " 3 v. o. positiones mediae, statt positiones medium.

Ueber physikalische Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen

von

Dr. *Frh. von Feilitzsch,*
Professor in Greifswald.

1. Nachdem seit längerer die Beobachtungen der letzten totalen Sonnenfinsterniss bekannt geworden sind, welche wir vor der demnächst im westlichen Europa bevorstehenden zu erwarten hatten, mag es gestattet sein, im Folgenden die Gesichtspunkte zusammenzustellen, unter denen man gewisse während totaler Verfinsterunrungen statt habende physikalische Erscheinungen betrachtete. Theoretische Erörterungen mögen für Manchen eine sehr zweifelhafte Bedeutung haben, wenn nur die Thatsachen durch richtige Beobachtungen konstatirt sind. Dem stimme auch ich bei, soweit als die theoretischen Betrachtungen nur den Zweck haben, eine Reihe von anscheinend Verwandtem unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt zusammenzufassen. Anders ist es aber, wenn sich in denselben die Idee der Erscheinung wiederspiegelt, indem dann die Thatsache mit dem Gesetz in Zusammenhang gebracht wird und die Naturbetrachtung übergeht in Naturwissenschaft.

2, Unter den verschiedenen physikalischen Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen ist zuerst und zwar 1706 von *Plantade* und *Clapiés* eine nähere Aufmerksamkeit der Lichtkrone geschenkt worden, welche kurz vor dem gänzlichen Verschwinden der Sonne hinter dem Monde sich um das Doppelgestirn verbreitet, und welche meist noch einige Zeit nach dem Wiedererscheinen der Sonne sichtbar bleibt. An dieser Krone lassen sich bisweilen zwei concentrische Theile unterscheiden. Der innere, der dunkeln Mondscheibe zunächst liegende, ist durch eine gleichförmige Helligkeit charackterisirt, während der äussere Theil allmälig in das schwächere Licht des Himmels abschattirt. Dieses Abblassen des äusseren Ringes ist nur an wenigen Orten als ein vollkom-

men gleichförmiges beobachtet worden; vielmehr hat man fast stets Ausstrahlungen gesehen, die meist senkrecht auf dem Mondrand, oft aber auch schief gegen denselben stehen. Die mittlere Breite der Lichtkrone wird sehr verschieden geschätzt: die Angaben schwanken zwischen 3 als niedrigste und 33,6 Bogenminuten als höchste Grenze. Manche Ausstrahlungen übertreffen jedoch diese mittlere Breite bei Weitem.

Nicht unbeachtet sind verschiedene Farben geblieben, in welche die Beobachter vor, während und nach der totalen Verfinsterung getaucht worden; immerhin hat man aber diesen Erscheinungen nur eine untergeordnete Bedeutung beigemessen. Während der totalen Verfinsterung nämlich, sowie einige Zeit vor, und nacher, hat man fast allgemein eine todte Färbung aller Gegenstände beobachtet. Manche sprechen von olivenfarbe, andere von bleifarben, wieder andere von graugrün u. s. f. Wiederholt ist ferner unmittelbar vor dem Verschwinden und nach dem Wiederauftreten des Sonnenlichtes an näheren oder entfernteren Gegenständen eine rothe oder orangefarbene Tinte wahrgenommen worden. Ingleichen hat man häufig während der Dauer der totalen Verfinsterung entfernte, namentlich am Horizont gelagerte Wolken in orangefarbigem und rothem Licht erblickt. Hierzu kommen abwechselnde Schatten- und Lichtstreifen, welche in den letzten Momenten vor dem Verschwinden der Sonne und in den ersten nach ihrem Wiedererscheinen rasch vorüberfliegen. Man hat dieselben zuerst 1842 beobachtet.

3. Wieder eine andere Erscheinung besteht darin, dass unmittelbar nach dem Verschwinden und vor dem Wiedererscheinen der Sonne eine mehr oder weniger intensiv rothe, mit kleinen Ausbuchtungen von derselben Farbe versehene Einfassung des Mondrandes sichtbar wurde, welche sich über einen Raum von 30°—50° am Mondumfang hinzog. Alle, die auf diese Erscheinung Acht gehabt haben, stimmen darin überein, sie um die Verschwindungs- und Wiederauftritts-Stelle der Sonne gruppirt gesehen zu haben. Beobachter, die sich an einer der Grenzen des Kernschattens befanden, sahen die am Ostrand auftretende Erscheinung in die des Westrandes längs den kürzeren der beiden Umfangstheile hinweg übergehen. Die Breite dieser Einfassung wird zu etwa $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ Minute angegeben.

4. Das meiste Aufsehen haben aber unstreitig rothe Anhängsel gemacht, welche allerdings schon 1733 von *Vassenius* in Gothenburg *) gesehen und beschrieben worden waren, aber erst 1842 allgemeiner beachtet wurden. Seitdem sind sie 1850 in Honolulu, 1851 in Schweden, Preussen und Russland, sowie 1858 in Peru und Brasilien, also bei allen seitdem beobachteten totalen Verfinsterungen wiedergesehen worden. Von den Beobachtern des Jahres 1842 wurden sie mit überhängenden Bergen, mit Gletschern, mit zackigen Gestalten verglichen, welche in rother Farbe sich 2—5 Minuten des grössten Kreises über den Nordwestrand des Mondes erhoben. In Honolulu wurde u. A. sogar ein detachirtes Wölkchen gesehen. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich auch 1851; für die übrigen damals gesehenen Hervorragungen passte jedoch keine der früheren Bezeichnungen mehr. Eine oder mehrere derselben waren nämlich von gebogener Form und glichen stark beleuchteten Rauchsäulen, welche vom Winde am oberen Ende zur Seite geweht worden, oder den Fangzähnen eines Ebers, oder einem gekrümmten Zeigefinger u. s. w., während andere die Gestalt abgerundeter Kegel oder aus der Ferne gesehener Zelte besassen. Die Höhe war geringer und wurde für die grösste hakenförmige Gestalt zwischen 1 und 3 Bogenminuten angegeben. Auch in der Breite stellte sich eine Verschiedenheit heraus: Der 1851 gesehene Haken war z. B. schmäler als hoch, während die Pertuberanzen von 1858 entschieden niedriger waren als breit. Was den Ort am Rande des Doppelgestirnes betrifft, so hat man die Erscheinungen an den verschiedensten Stellen im ganzen Umkreise desselben beobachtet. Als ganz besonders merkwürdig ist es aber aufgefallen, dass die Hervorragungen des Ostrandes sich während des Verlaufes der totalen Verfinsterung erniedrigen und die des Westrandes sich im gleichen Masse erhöhen. Diese Grössen-Veränderung ist so bedeutend, dass sie der rohesten Beobachtung nicht entgehen konnte, die wenigen genauen Messungen jedoch, welche man anstellte, haben entschieden dargethan, dass das Wachsen in stärkerem Masse geschieht, als die gleichzeitig statthabende Verschiebung des Mondes vor der Sonne. —

5. Sollten nun diese merkwündigen Erscheinungen isolirt da-

*) Philos. transact. vol. XXXVIII, pag. 134 1733—34.

stehen, oder welchen Zusammenhang haben sie mit andern bekannten Thatsachen? Das waren Fragen, welche sich sofort nach den Beobachtungen aufdrängten und die namentlich in zweierlei Weise beantwortet sind. Den ersten Erklärungsversuch möchte ich mit der topographischen Hypothese bezeichnen, indem dieser zufolge die Ursachen der Erscheinungen gesucht werden in Theilen und integrirenden Anhängseln der Sonne. Eine vollständige Darlegung dieser Hypothese dürfte grosse Schwierigkeiten bieten, indem fast jeder Beobachter einer anderen und neuen Geographie unseres Centralkörpers bedurfte,*) um die Ursache mit dem Gesehenen in Einklang zu bringen. Doch mag es versucht werden, wenigstens das Gemeinsame der verschiedenen Meinungen demnächst darzustellen.

A. Topographische Hypothese.

6. Bekanntlich wurden 1611 von dem holländischen Astronomen *Fabricius* dunkle Flecke auf der Sonnenoberfläche entdeckt, welche sich mit grosser Regelmässigkeit von Osten nach Westen bewegen, während sie die beträchtlichsten Gestalt- nnnd Grössenveränderungen zeigen und nach kürzerer oder längerer Zeit ihres Bestehens wieder verschwinden. Die Gleichförmigkeit und der Parallelismus ihrer Bewegung, sowie der Umstand, dass mancher am Westrande der Sonne fortgehende am Ostrande wieder auftaucht, liess sich nur durch eine Bewegung ihres Trägers erklären, — und so war die Achsendrehung der Sonne entdeckt.

Ausser den Flecken beobachtet man häufig graue, schuppenartige Punkte auf der Sonnenoberfläche, welche an einzelnen Stellen sich in grösserer Anzahl ansammeln, als an andern und dann die Erscheinung der sogenannten Nebel darbieten. Dazu kommen die von *Galilei* zuerst beobachteten länger ausgedehnten Sonnenfackeln und die später von *Scheiner* davon unterschiedenen kleinen Lichtpunkte. Hierunter versteht man

*) Zum Beweis hierfür vergleiche man z. B. *Mosotti* in Cosmos par Moigno, vol. 10, pag. 54 (2 Jan. 1857); — oder Nuovo Cimento, vol. 1, liver 1, pag. 105: ferner *Schmidt*, Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss etc. Bonn, 1852, S. 14 ff., — ferner *v. Littrow*, Wunder des Himmels, 4te Aufl. Stuttgart, 3te u. 4re Lieferung.

Stellen, welche weit heller sind, als die übrige Sonnenfläche, welche sich häufig zu den Flecken gesellen, sich wie jene verändern und besonders am Rande der Sonne sichtbar werden.

Flecken, Schuppen und Fackeln sind nun die einzigen Erscheinungen, welche eine unmittelbare Beobachtung auf der weissleuchtenden Fläche unseres Centralkörpers hat entdecken lassen. Während die Schuppen auf der ganzen Sonnenoberfläche beobachtet werden, kommen die Flecken und Fackeln (mit Ausnahme eines einzigen Fleckes, welcher sich nach *Capozzi*'s Beobachtnng im April 1826 unter 49° südl. Br. zeigte) nur zwischen 40° nördl. u. südl. Br., nicht in der Nähe der Pole vor. Am häufigsten finden sie sich zwischen 10° und 15° nördl,, sowie zwischen 3° nnd 8° südl. Br., selten zwischen 0° und 10° nördl. Br.

7. *Herschel* wandte den Sonnenflecken eine besondere Aufmerksamkeit zu und zog aus dem Ansehen allgemein angenommene Schlüsse über die Beschaffenheit der Sonnenoberfläche. Im Wesentlichen bestehen nämlich die Flecke aus einer schwarzen Mitte und einem scharf abgesetzten, fast allerwärts gleich breiten Rande, der Penumbra, der nach aussen wiederum scharf gegen das allgemeine Sonnenlicht gränzt. Befinden sich nun die Flecke in der Nähe des Ostrandes der Sonne, dann wird die Westseite der Penumbra bis zum Verschwinden schmal und dasselbe geschieht für die Ostseite, wenn der Fleck gegen den Westrand rückt. Bisweilen hat man Flecken den Sonnenrand überschreiten sehen und dabei Einbuchtungen an letzterem wahrnehmen können. Hierzu kommt, dass der leuchtende Antheil der Sonnenoberfläche dem gasförmigen Zustande angehören muss; denn das vom Sonnenrande kommende Licht zeigt im Polariskop keine Farben, während glühende feste und tropfbarflüssige Körper in schiefer Richtung, also aus solchen bestehende Kugeln vom Rande her polarisirtes Licht aussenden. *Herschel* meint nun hiernach, der Sonnenkörper sei an sich dunkel. Um ihn herum sei eine mattleuchtende Wolkenhülle verbreitet und diese sei nach aussen von der weissleuchtenden Gasmasse überflossen. Zerrisse nun aus irgend welcher Ursache die doppelte Lichthülle, so erblicke man den dunklen Sonnenkörper als Kernfleck und die innere Wolkenhülle als Penumbra. Hierbei ist es freilich schwer, mit dem *Mariotte*'schen Gesetz und mit Allem, was wir über die

Constitution der Gase kennen, in Einklang zu bringen, wie in einer Gasatmosphäre ein Riss entstehen kann, dessen Dimensionen den Durchmesser der Erde mehrmals übertreffen und der bisweilen wochenlang ungeschlossen bleiben kann.

Sei das aber dahingestellt und nimmt man an, dass bei dem Zerreissen beider Sonnenhüllen sich die äussere Photosphäre in der Nachbarschaft des Risses verdichte, so muss man nothwendiger Weise die dichtere oder dickere Stelle heller sehen, als ihre Umgebung, ganz so wie eine fächerförmige Gasflamme auf der schmalen Seite heller erscheint als auf der breiten. Und demnach wäre ein Zusammenhang zwischen den Flecken und Fackeln gebildet; denn offenbar würden sich jene helleren Stellen als Fackeln zeigen müssen.

8. Die im Vorhergehenden beschriebenen bei totalen Sonnenfinsternissen beobachteten Erscheinungen gaben nun Veranlassung, die Topographie unseres Centralkörpers noch beträchtlich zu erweitern. Zur Erklärung der Krone dient nämlich die Annahme, dass die Sonne mit einer dritten, oder vielmehr — unter Berücksichtigung der in Gestalt des Zodiakallichtes gesehenen Lichthülle — mit einer vierten Photosphäre umflossen sei. Diese letztere besitzt eine so geringe Leuchtkraft, dass sie in dem intensiven Licht der eigentlichen Sonnenscheibe unter gewöhnlichen Umständen nicht sichtbar ist. Wird jedoch das letztere bei totalen Finsternissen durch den Mond zurückgehalten, so ragt die Krone als mattleuchtender, nach Massgabe der abnehmenden Dichtigkeit gegen das allgemeine Himmelslicht auswärts abblassender Schein hinter der dunklen Scheibe hervor.

Nun sah man aber unmittelbar nach dem Verschwinden und vor dem Wiederauftreten der Sonne einen rothen Rand; demgemäss muss also die (vom dunklen Sonnenkern aus gerechnet) dritte Photosphäre, die Korona auf ihrer Innenseite mit einer rothen Schicht begabt sein. Dieser rothe Theil ist aber der hellste, weswegen er unter günstigen Umständen sogar noch bei ringförmigen Finsternissen gesehen werden kann.

9. Dazu kommen die 1842 zuerst näher beachteten rothen Hervorragungen. Wir verdanken es *v. Boguslawski*, dass er diesen zuerst einen Ort im Bereiche der Sonne anwies. Am Monde können diese Massen nicht gesucht werden; denn wären es Berge,

so müssten sie auch ohne totale Verfinsterungen gesehen werden; es käme ja manchem derselben eine Höhe von mehr als 40 geograph. Meilen zu. Und wären es dunstförmige Aushauchungen, so müssten sie von einer Atmosphäre getragen werden, die nach allen Beobachtungen dem Monde so gut als gänzlich mangelt. Dazu kommt das Wachsen der westlichen, das Schwinden der östlichen Hervorragungen, was sich als ein Bloslegen der einen oder Verdecken der anderen durch den vor der Sonne bewegten Mond erklären lässt, wenn man dieselben nicht auf letzteren, sondern auf erstere versetzt. Mit dem Hinausschieben in die 400fache Entfernung bekommen sie allerdings auch die dem entsprechende Grösse und wachsen auf mehr als 16000 Meilen an! Jedoch da man vielfach Sonnenflecken beobachtet, welche einen Durchmesser von 12000 Meilen haben müssen und in denen Veränderungen mit dreimal geschwinderer Bewegung als die eines Schnellzuges auf Eisenbahnen von Statten gehen, so dürfte man vor der grossen Zahl wenigstens nicht erschrecken. Genug, es äusserte *v. Bogislawski* die Meinung, dass die Hervorragungen in Beziehung zu den Sonnenflecken stehen möchten. Bei der Bildung der letzteren sind gasartige Flüssigkeiten thätig, welche die Photosphäre der Sonne durchbrechen. Diese Gase sind selbstleuchtend, das von ihnen gelieferte Licht kann aber unter den gewöhnlichen Umständen wegen der zu grossen Helligkeit der Umgebung nicht gesehen werden, besonders auch deswegen nicht, weil die ganze Beobachtung mit stark verdunkelnden Blendgläsern angestellt werden muss. Projicirt sich aber die aufgetriebene mattleuchtende Gasmasse auf die weit heller leuchtende Umgebung, was besonders dann stattfindet, wenn der Process in der Nähe des Sonnenrandes vor sich geht, — so tritt dadurch eine Verstärkung des Lichtes hervor, welche als Sonnenfackel beobachtet wird. Geschieht das aber am Sonnenrande selbst in dem Moment einer totalen Sonnenfinsterniss, so übernimmt der Mond die Verdeckung des grelleren Lichtes, und die matteren Emportreibungen ragen in der günstigsten Lage über seinen Rand hervor. So erblickt der im Kernschatten befindliche Beobachter die Protuberanzen. Warum dieselben gerade „die röthliche Färbung als Ausschmückung" *)

*) *Busch*, totale Sonnenfinsterniss von 1851. Königsberg 1852 S. 22.

besitzen, mag dahingestellt bleiben. „Unzweifelhaft ist das abhängig von der physischen Constitution des der Sonne entquollenen Agens, sei es in Bezug auf das reflectirte, oder auf das durchfallende Licht.“

Leider erlebte der Gründer dieser Hypothese den einzigen für sie aufgefundenen Beweis nicht, indem ihn kurz vor der totalen Finsterniss von 1851 der Tod ereilte. Es wurde nämlich durch *J. Schmidt* sowohl wie durch *v. Littrow* nachgewiesen, dass die damals vorzugsweise beachtete hakenförmige Hervorragung am Westrande des Doppelgestirnes wahrscheinlich fast dieselbe Position am Sonnenrand gehabt habe, als ein kurz zuvor beobachteter Sonnenfleck.

1. Dennoch glauben Andere, weniger den Sonnenflecken selbst, als der mit dem Namen „Protuberanz-Materie“ belegten und in Form eines zackigen rothen Randes gesehenen inneren Schicht der dritten Photosphäre der Sonne die Erzeugung der rothen Proeminenzen beilegen zu müssen, Diese meines Wissens zuerst von *Schmidt* *) aufgestellte Ansicht, welche als „den Charakter echter Naturforschung an sich tragend“ bezeichnet wird, **) ist von *v. Littrow* in die „Wunder des Himmels“ †) aufgenommen worden. Abgesehen davon, dass sich *Schmidt* in Folge einer unter dem rothen gesehenen intensiv weissglänzenden Rande zur Annahme einer abermaligen Schicht der Photosphäre, also gewissermassen zu einer sechsten Sphäre geneigt zeigt, möchte sich der Zusammenhang der rothen Hervorragungen mit jener rothen Schicht etwa dadurch erklären lassen, dass die aus den kraterartigen Sonnenflecken hervorgehenden Gasausströmungen eine Emporhebung der rothen Schicht bewirken. Die Hervorragungen wären demnach blasenartige Bildungen, welche eine Höhe von mehr als 16000 geogr. Meilen erreichen können, im Allgemeinen aber etwa die Zacken darstellen würden, welche die Aussengrenze der rothen Protuberanz-Materie charakterisiren. Ohne die Biographie der Protuberan-

*) *Schmidt*, totale Sonnenfinsterniss von 1851, Bonn 1852, S. 14.

**) Archiv für Mathem., herausgeg. von *Grunert*, XX, Litterar. Bericht, S. 974.

†) 4te Aufl., nach dem neuesten Zustand der Wissenschaft bearbeitet, 3te und 4te Lieferung.

zen weiter verfolgen zu wollen, mag nur noch hinzugefügt werden, dass *Schmidt* ganz richtig bemerkt, es erschiene auch das stärkste irdisch erzeugte Licht nur wie ein dunkler Fleck, wenn es auf die Sonne projizirt werde. Um wie viel mehr müssen also die in so mildem Lichte sich darstellenden Protuberanzen und die nur kleineren, aber sonst ihnen gleichen Zacken der rothen Protuberanz-Materie als Verdunkelungen des allgemeinen Sonnenlichtes auftreten. Ist das aber der Fall, so wären die Protuberanzen, wenn sie sich auf die Sonnenfläche selbst projiziren, weniger mit den Fackeln, als vielmehr mit den Schuppen und anderen dunkleren Stellen identisch.

11. Soviel von den Protuberanzen. Die Farbenänderungen vor, während und nach totalen Sonnenfinsternissen sind nur wenig in den Kreis hypothetischer Speculationen gezogen worden. Eine darüber aufgestellte Meinung ging dahin, dass die Sonne von verschiedenen Orten ihrer Oberfläche verschiedenes Licht aussende, namentlich weisses von der Mitte und farbiges vom Rande. *Arago* widerlegte diese Ansicht und ersetzte sie durch eine Erklärung, bezüglich welcher auf das Folgende (NN. 60. u. 61.) verwiesen werden mag.

12. Nachdem nun die Grundzüge der topographischen Theorie darzustellen versucht wurde, möchte es nicht unstatthaft sein, noch Einiges über den Werth derselben hinzuzufügen. *Arago*, selbst ein Anhänger dieser Anschauungsweise, verlangte*) Anwendung der Rechnung auf die Erklärung, denn „Erklärungen, die keine Rechenschaft über die Höhe, über die Form, die Farbe, die Stätigkeit des Phänomens geben, können in der Wissenschaft nicht Platz nehmen.“ An einer anderen Stelle**) sagt er: „Man bedenke, dass eine Theorie in der Wissenschaft nur dann ihren Platz zu finden verdient, wenn sie zu den Phänomenen und dann bis auf die kleinsten Details stimmt,“ was sind aber „in diesem Systeme die Lichtstrahlen der Krone, welche nach dem Rande und nicht nach dem Mittelpunkt der beiden Gestirne hinlaufen; was ferner die in einander verschlungenen Lichtstrahlen, die ge-

*) L'institut, No. 941 et 942, 14 et 21 Janv. 1852.

**) Unterhaltg. aus dem Gebiete der Naturkunde. Bd. 7, übers. von *Grieb;* Stuttgart 1848, S. 77.

krümmten Strahlenbüschel, die, von gewissen Punkten ausgehend, 3, ja 4 Grad über den Mondrand hinaus sich erstrecken, während an andern Punkten keine Spur solcher sich vorfindet.“ Wenn von einem Vertreter einer Hypothese solche Anforderungen an andere Anschauungsweisen gestellt werden, so sollte man glauben, diese Bedingung würde auf's Vollkommenste schon im Voraus erfüllt sein. Doch ist das keineswegs der Fall. Vielmehr sehen wir uns vergebens nach einer mathematischen Begründung der mitgetheilten Hypothesen um; ja es ist sogar nach ihrer Beschaffenheit ein Angriffspunkt für den Calcul kaum denkbar.

13. In Ermangelung dessen hat man denn wenigstens versucht, durch Messungen eine Uebereinstimmung verschiedener Thatsachen nachzuweisen und somit ihren Zusammenhang wahrscheinlich zu machen. Doch sehen wir zu, wie weit das gelungen ist! Bei der totalen Finsterniss vom 28. Juli 1851 war die Position einer besonders auffälligen auf der Westseite gesehenen hakenförmigen Hervorragung ζ. sowie einer auf der Ostseife gesehenen β von *Schmidt* in Rastenburg gemessen und nachmals verglichen worden mit den ebenfalls von ihm gemessenen Positionen zweier Sonnenflecke B und A am westlichen und östlichen Sonnenrand.*) Die Rechnung ergiebt, dass „der östliche Fleck A schon so weit vom Sonnenrand nach Innen fortgeschritten war, dass er wohl schon 15 heliographische Grade diesseits vom Ostrande stand.“ Die Differenz beider Messungen für die westlichen Phänomene beträgt aber nur 0°5 des Mikrometer-Umfanges“ (oder bald so viel als der Erde Halbmesser), „eine so geringe Abweichung, dass an der wirklichen Uebereinstimmung beider Oerter nicht gezweifelt werden kann.“ Aehnliche Messungen waren von *Mauvais* und *Goujon* in Danzig angestellt worden. Eine analoge Berechnung derselben gab *Schmidt* die grössere Differenz von 0,9 heliocentrischen Graden zwischen den Positionen der beiden westlichen Phänomene. Um jedoch die Beobachtungen von Danzig und von Rastenburg in Uebereinstimmung zu bringen, war eine Korrektion von ganzen 20° erforderlich, und als sie mit der Mittelzahl aus mehreren, durch *v. Littrow* gesammelten Beobachtungen verglichen werden sollten, musste wenigstens eine Korrektion von 12°7 an-

*) *Schmidt*, tot. Sonnenfinst. von 1851, S. 10.

gebracht werden. Als Ursache dieser bedeutenden Differenzen giebt *Schmidt* an, dass, „als sich am 28. Juli kurz vor der Finsterniss der Himmel schleunig aufheiterte, es unmöglich war, auf die richtige Aufstellung des Fernrohrs einige Zeit zu verwenden. Während der Beobachtung behielt es aber dieselbe Lage auf dem Pfeiler. Die ungewöhnliche Aufregung nach dem glücklichen Gelingen . . . liess nach der Finsterniss jede nachträgliche Untersuchung über die Stellung des Fernrohrs gänzlich vergessen.“ Das Alles scheint ein ungenannter Rezensent übersehen zu haben, wenn derselbe mit kritischem Talent diese Zweifel übergeht und aus S. 17 d. a. Schrift mittheilt: *) „Wäre die Protuberanz ein optisches erst am Mondrand erzeugtes Phänomen, so lässt sich solche Koinzidenz bei Messungen an so von einander entfernten Orten schon begreifen, zwischen denen der Unterschied in den Parallaxen des Mondes schon von grossem Einfluss sein musste und selbst die Wirkung der das Mondprofil verändernden parallaktischen Libration (!) nicht zu übersehen ist,“ (und mit gesperrter Cursiv-Schrift ist hervorgehoben:) „wenn man die Protuberanzen durch ein Inflexions-Phänomen an den Randgebirgen des Mondes erklären will.“

Nicht zu gleich grosser Uebereinstimmung führen *v. Littrow*'s dankenswerthe Untersuchungen „über den Zusammenhang von Flecken und Protuberanzen der Sonne.“ **) Es ergiebt sich nämlich der Positionswinkel zweier Sonnenflecken an der Mondscheibe für die Zeit der Mitte der Finsterniss bezüglich = 289°20′ und 288°43′. Diesen zunächst lag die vielbesprochene hakenförmige Protuberanz, „allein die Beobachtung (282°) weicht von obigen Zahlen viel zu weit ab, als dass man hierauf ein Argument für die Identität von Flecken und Protuberanzen gründen könnte.“

14. Welche Zuverlässigkeit nach dem Gesagten nun aber diesem einzigen auf Messung und Rechnung beruhenden Beweis für den Zusammenhang zwischen Fackeln und Protuberanzen beizumessen ist, mag der Leser selbst beurtheilen.

*) Archiv für Mathem., herausg. von *Grunert*, Bd. XXI, litter. Bericht, No. 81, S. 6.

**) Besonderer Abdruck aus dem Oktoberheft 1855 der Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der Wiener Akademie, Bd. 17, S. 411 ff.

Zugegeben aber, dass die eine Hervorragung an derselben Stelle gesehen worden ist. an welcher Flecken und Fackeln gestanden haben müssen, ist denn das ein Beweis für den Zusammenhang beider? Die Beobachter der Finsterniss von 1842 sahen mindestens drei, 1850 sind ebenfalls drei Hervorragungen gesehen, 1851 haben einige Beobachter, z. B. *v. Littrow, Galle, Brünnow, Wolfers,* deren fünf notirt und in der letzten Finsterniss vom 7ten Septbr. 1858 wurden deren sogar sechs aufgezeichnet; von allen hat sich aber nur für eine einzige eine nahezu gleiche Position finden wollen. Wenn *Kutczycki* berichtet, dass er in Honolulu am Tage nach der Finsterniss vom 8ten August 1850 eine Fackel in der östl. Region der Sonne erblickt zu haben glaube, welche so bestimmt, als das Auge taxiren kann, an der Stelle einer der gesehenen Hervorragungen gestanden haben müsse, so wird diese an sich schon vorsichtige Behauptung durch den Zusatz noch vollständig entkräftet, dass die Unvollkommenheit des Fernrohrs nur sehr undeutlich Fackeln wahrzunehmen erlaube und daher die Beobachtung zweifehhaft mache. Ganz im Gegentheil wird aber ausdrücklich bemerkt, dass man am Morgen nach der Verfinsterung vom 7ten September 1858 keine Flecke oder Fackeln entsprechend einer der überhaupt beobachteten sechs Protuberanzen gesehen hat; nur zwei Flecke, jedoch keine Fackel hätten vielleicht mit zwei Protuberanzen in Uebereinstimmung gebracht werden können. Ingleichen ist schon oben eine entschiedene Nichtidentitäi einer Hervorragung und einer Fackel vom 28sten Juli 1851 in Erwägung gezogen worden.

15. Nun sollen ja aber vor Allem die Sonnenflecke und Fackeln nur in der Nähe des Sonnenäquators auftreten, die rothen Hervorragungen dagegen sind an dem ganzen Umfange des Doppelgestirnes unzweifelhaft beobachtet worden. Eine der Hervorragungen von 1842 lag abseits vom Sonnenäquator nach Norden; 1850 wird ebenfalls von einer nördlichen Hervorragung berichtet, desgleichen sahen die Beobachter von Frauenburg eine Protuberanz in der nördlichen Region und *d'Arrest* eine am Nordostrand, während *Dawes* eine solche ohnweit des Südpunktes notirt. Nicht minder fand sich eine der sechs Hervorragungen von 1858 nahe dem Südpunkte. Wie das aber damit in Einklang zu bringen ist, dass ein Zusammenhang zwischen diesen räthselhaften Erschei-

nungen und den Fleckengruppen der Sonne kaum noch zweifelhaft gemacht werden kann,*) liegt ausser dem Bereich meiner Fähigkeiten.

76. Noch eine andere Frage hat messende Beobachtungen veranlasst, nämlich die, ob das Wachsen der Hervorragungen am Westrande und das Abnehmen der am Ostrande stets um dieselben Grössen geschehen wie die gleichzeitigen Verschiebungen des Mondes vor der Sonne, was doch offenbar der Fall sein müsste, wenn dieselben materielle Anhängsel der Sonne wären. Schon *Arago* hat die Beobachtungen von 1842 *) zu solchen Vergleichungen benutzt und gezeigt, dass die Verschiebungen in Perpignan 1′16″5 und in Montpellier 1′17″ betrug, während am ersten Orte *Mauvais* die damalige westliche Hervorragung um die viel beträchtlichere Grösse von 2 Bogen-Minuten und *Petit* dieselbe am letzten Orte um 1′45″ wachsen sah. Beide beobachteten also ein stärkeres Wachsen, als die Verschiebung zwischen Sonne und Mond betrug. Wollte man dennoch jene Hervorragungen als ein materielles Anhängsel der Sonne betrachten, so müsste man denn annehmen, dass dasselbe „in zwei Zeitminuten sich um mehr als 5000 Stunden senkrecht gegen die Peripherie des Mondes verlängerte.“ Sonderbar! denn es müssten sich dann alle westlichen Protuberanzen, deren Wachsen gemessen worden ist, wie wir sogleich sehen werden, in ähnlichem Verhältniss verlängern, keine verkürzen. Auch dürfen wir nicht annehmen, dass dieser Vergrösserungsprocess blos während der totalen Verfinsterung dauert. Wo soll das aber hinaus? Aehnliche Messungen verdanken wir nämlich *d'Abbadie* †) bezüglich der mehrerwähnten hakenförmigen Hervorragung von 1851. Er fand durch drei Messungen, dass dieselbe in einem Zeitraum von 60 Secunden um 39,7 Bogen-Secunden gewachsen war, während die Bewegung des Mondes vor der Sonne in derselben Zeit nur 30,89 Bogen-Secunden betragen hatte, und dass in den darauf folgenden 54 Zeit-Secunden sich ein Wachsen von 44,6 und eine Verschiebung von nur 27,8 Bogen-Secunden herausstellte. Diese Verglei-

*) *D'Arrest*, Astr. Nachrichten, No. 780, Octob. 30, 1851.

**) *Arago*, Unterhaltungen, Bd. 7, übers. von *Grieb*, S. 145 ff.

†) Comptes rendus vol. 38, p. 295 (13 Févr. 1854).

chung veranlasst *d'Abbadie* zu der Meinung, es habe jene Protuberanz eine eigene Bewegung; es seien aber jene Differenzen zu klein, als dass man sich darüber entscheiden könne. — An derselben Hervorragung hat *Struve**) in Lomsa Messungen angestellt und innerhalb 53 Zeit-Secunden ein Wachsen von 35 Bogen-Secunden beobachtet, während die Bewegung des Mondes vor der Sonne 28,8 Bogen-Secunden betrug. *Struve* findet die Uebereinstimmung der Zahlen 28,8 und 36 so vollkommen, um den Schluss als berechtigt zu erachten: „dass die Aenderung in der Höhe des Hornes (hakenförmige Hervorragung) . . . sich vollständig aus der Bewegung des Mondes vor der Sonne erkläre, und wir würden daher zu der Annahme geführt, dass diese Vorsprünge dem Sonnenkörper angehörige Theile sind, welche bei der Bewegung des Mondes vor der Sonnenscheibe auf der einen Seite allmälig hervortreten und auf der entgegengesetzten entsprechend verschwinden." In Betracht aber der Unterschied zwischen den Zahlen 28,8 und 36 ganze 25 pCt. von der ersteren beträgt, erachte ich mich berechtigt, aus den Messungen *Struve*'s den Schluss zu ziehen:

Dass die Änderung in der Höhe des Hornes sich keineswegs aus der Bewegung des Mondes vor der Sonne erkläre,

und wir werden sonach, sowie nach den zuvor mitgetheilten Messungen zu der Ueberzeugung geführt:

Dass diese Vorsprünge keine dem Sonnenkörper angehörige Theile sind, welche bei der Bewegung des Mondes vor der Sonnenscheibe auf der einen Seite allmälig hervortreten und auf der entgegengesetzten entsprechend verschwinden.

Hiernach würde auch der folgende Satz *d'Arrest*'s zu modificiren sein: „Es kann in Folge des gleichförmigen Wachsens der rothen Hervorragungen an der Westseite und der sicher konstatirten Abnahme derselben auf der entgegengesetzten Seite des Mondes nach dem Verhältniss seiner Fortbewegung keinem Zweifel unterliegen u. s. f." **) †)

*) Beobachtung der Sonnenfinsterniss vom 28. Juli 1851 in Lomsa. St. Petersb. 1851, S. 12.

**) Berichte der Leipziger Gesellschaft, math.-phys. Kl. 1851, S. 86. (16. Aug. 1851).

†) Der Herr Verf. hat hier wie auch vorhin schon bei seinen Schlüssen nicht Rücksicht auf die erhebliche Unsicherheit der Beobachtungen genommen, die ihm nicht unbedingt gestattet, die von ihm gemachten Folgerungen aufzustellen. *P.*

17. Könnte man aber trotz dem Gesagten die Protuberanzen noch immer als Anhängsel der Sonne erklären wollen, so müssten doch offenbar die am Nord- und Südrand gesehenen nach Massgabe der scheinbaren Bewegung der Sonne ihre Position am Mondrande verändern. Das ist aber nirgends beobachtet worden. Sind wir aus den mitgetheilten Gründen gezwungen, dem einen auf Messung und Rechnung basirten Beweis für die Beziehung zwischen Sonnenflecken und Hervorragungen die Beweiskraft abzusprechen, aus dem andern aber die Ueberzeugung vom Gegentheil zu schöpfen, — so dürfte es erlaubt sein, zu fragen, welche „andere Gründe" es wohl sein möchten, nach denen man „nun nicht mehr zweifeln kann, dass diese Phänomene der Sonne angehören," *) und wie man eigentlich zu dem „Resultat aller vorurtheilsfreien und den Gegenstand gehörig zu würdigen verstehenden Beobachter" **) gelangt, — dem nämlich, dass „die Glorie sowohl als die rothen Flecke unzweifelhaft der Sonne angehören," †) wenn beide Erscheinungen (denn bezüglich der Krone liegen der Natur der Sache gemäss gar keine genauen Messungen vor), nicht in dem Maasse, wie der Mond über die Sonne hingeht, auf der einen Seite der Scheibe an Grösse ab-, auf der andern zunehmen.

18. Was die Hervorragungen betrifft, so ist es mir nicht gelungen, noch einen Grund finden zu können, den man für ihre Abstammung von der Sonne hätte geltend gemacht. Bezüglich der Krone aber theilt *Busch* ††) mit: Der Mond ist mit keiner lichtbrechenden Atmosphäre umgeben, „es würde sonach, wenn die Sonne nicht mit einer Photosphäre umhüllt wäre, der Himmel uns vollkommen so dunkel erscheinen müssen als bei Nacht, wenn der Mond die Sonne ganz bedeckt . . . Die Korona . . . ist also höchst wahrscheinlich nichts Anderes, als die äusserste Photo-

*) *v. Littrow*, Besonderer Abdruck aus dem October-Heft 1855 der Wiener Sitzungs-Berichte, S. 12.

**) Archiv für Mathematik, herausgeg. von *Grunert*, XX. Th. 2s Heft; Litter. Bericht, S. 973.

†) *v. Littrow*, Wunder des Himmels, 4te Aufl., Heft 3 und 4. Ingleichen: Astron. Nachr. No. 776, October 6. 1851, S. 138.

††) Tot. Sonnenf. am 28. Juli 1851, Königsb. 1852, S. 20.

sphäre der Sonne." Dieser Grund würde jedenfalls schlagender sein, als es mathematische Beweise vermögen, wenn nicht schon im Jahre 1650 *Grimaldi* die Diffraktion des Lichtes entdeckt hätte. Demzufolge muss aber unbedingt auch dann ein Lichtkranz um den die Sonne total verfinsternden Mond auftreten, wenn die Sonne nicht mit einer Photosphäre umgeben ist. Auf welchen andern Beweisen jedoch die Existenz der in der Krone sichtber werdenden Photosphäre beruht, davon mögen die folgenden Beispiele zeugen:

D'Arrest sagt,*) „. . . so möchte doch der vom leuchtenden Ringe scharf sich abhebende Mondrand mehr für die Meinung derjenigen zeugen, welche in der Korona einen adhärirenden Theil der Sonne, eine den Körper umgebende Photosphäre zu erblicken glauben." Ferner steht in der Abhandlung des Herrn Mitbeobachters in Königsberg **) geschrieben: „Die gekrümmte Gestalt der grössten Protuberanz . . . scheint zu beweisen, dass der leuchtende Sonnenkörper nothwendig noch von einer gasförmigen Atmosphäre umgeben sein muss, durch welche die aufsteigenden Dämpfe . . . getragen werden und welche hauptsächlich das Sichtbarwerden der Korona veranlasst."

19. Nur für die Korona und die rothen Hervorragungen hat ma ndie materielle Angehörigkeit zur Sonne theoretisch darzuthun versucht. Dass nur das Gegentheil bewiesen ist, wurde gezeigt. Ein Gleiches gilt auch von den experimentellen Beweisen, die man im Jnteresse der topographischen Hypothesen aufstellte.

Arago schlug vor, im Fokus eines Fernrohres einen kreisförmigen Metallschirm anzubringen, der dieselbe verfinsternde Wirkung auf das Sonnenbild hervorbrächte, wie der Mond bei Gelegenheit totaler Bedeckungen. Betrachtete man mit dieser Vorrichtung die Sonne, so würden sich die Sonnenwolken ausserhalb des Randes der Metallplatte zeigen, und man gewönne so eine Beobachtungsmethode der rothen Hervorragungen, unabhängig von der seltenen Konstellation einer totalen Sonnenfinsterniss. Dieser Versuch ist wahrscheinlich zu wiederholten Malen angestellt worden, aber meines Wissens nur einmal in seinen Ergebnissen veröffent-

*) Berichte der Leipziger Gesellschaft, 1851, S. 92. (16. Aug. 1851).

**) *Wichmann*, Astron. Nachr. No. 787, S. 324, (19. Decb. 1851).

-licht von einem Ungenannten.*) Die Vorrichtung war in einem kleinen *Ramsden*'schen Erdrohr angebracht. Protuberanzen wurden nicht gesehen. Die Krone erschien mit äusserst blendendem Licht auf einer Seite heller als auf der andern. Helle Punkte flogen im hellsten Theile derselben umher und schienen in verkürzten Bögen von der hintern Seite der Sonne zu kommen, etwas nördlich, 10°—30° vom Sonnenäquator u. s. w. Diese hellen Punkte erklärt der Verfasser dadurch, „dass die ausströmende Kraft metallischer Dämpfe, die den unteren Dunstmantel der Sonne bilden, den Lichtmantel von unten durchbricht und die Sonnenflecken verursacht, kleine Theilchen vom schwimmenden Lichtmantel mit sich fortreisst und sie in den mächtigen Atmosphären-Passatstrom erhebt, welcher auf der nördlichen Sonnenhälfte streicht" u. s. f. Es verdient hinzugefügt zu werden, dass jene Beobachtungen angestellt wurden, unmittelbar nachdem die Vorrichtung fertig geworden war, dass aber am andern Tage ähnliche fliegende Punkte nicht wieder bemerkt werden konnten (nachdem sich wahrscheinlich der Staub im Fernrohr abgesetzt hatte). Eine ernstere Untersuchung verdanken wir *Airy* **). Derselbe hatte nämlich in Gemeinschaft mit *Nasmyth* die verschiedenen Vorschläge *Arago*'s und *v. Littrow*'s ohne Erfolg geprüft und einen neuen, freilich mit ebenso negativem Ergebniss hinzugefügt. Es wurde demzufolge durch das Objectiv-Ende eines Fernrohrs in einem verfinsterten Zimmer ein Sonnenbild dargestellt und dieses in eine dasselbe wenig überragende kreisförmige Oeffnung eines innen geschwärzten Kastens geworfen. Die Oeffnung war aussen mit weissem Papier umgeben und indem man die ganze Vorrichtung gleichmässig mit der Sonne fortrücken liess, hoffte man jede am Rande der Sonne befindliche Hervorragung sichtbar zu machen. Zahlreiche im Sommer 1852 damit angestellte Versuche zeigten jedoch nichts, was von wirklichen Hervorragungen auf dem Sonnenkörper herrühren könne. Andere Vorschläge von *v. Littrow* gehen dahin, dass man bei Sonnenauf- und Untergängen über der See die Protuberanzen und die Korona zu erblicken versuchen solle. Ueber ein Gelingen dieser Versuche

*) *Jahn*'s Unterhaltungen in Astronomie u. s. w., Jahrg. 1854, No. 15.

**) Vergl. *Fechner*'s Centralblatt 1853, No. 18. Aus Monthly notices of the R. A. S. 13, No. 4.

ist, wie es scheint, nichts veröffentlicht worden. Aehnliche Versuche *Dufour's* werden später besprochen werden.

20. Also auch die experimentalen Beweise sind ohne Erfolg geblieben. Nun gebe ich meinerseits gern zu, dass das unbedingte Verlangen nach mathematischer Begründung einer Theorie und experimentaler Darstellung der Erscheinungen ein unbilliges ist, wenn man es, wie hier, mit Grössen zu thun hat, auf welche sich eben die Mathematik nicht anwenden lässt; — und wenn andererseits Erscheinungen unter Abstands- und Grössen-Verhältnissen zu Stande kommen, welche sich mit den auf Erden zu Gebote stehenden Mitteln nicht wiedergeben lassen. Es wäre z. B. jedenfalls ungerechtfertigt, wollte man die bekannte Theorie von der Temperatur-Zunahme mit dem Eindringen in das Erdinnere für unzulässig erklären, weil man die Temperatur mancher Bohrlöcher höher fand, als man nach der Berechnung muthmasste, — oder wollte man die Theorie vom Umschwung der Planeten um den Centralkörper um desswillen für falsch erklären, weil man die Erscheinung nicht im Laboratorium nachbilden kann. Wird aber von den Vertretern einer Anschauung jener Massstab an andere Ansichten gelegt, wird z. B., wie schon oben erwähnt, einerseits eine mathematische Begründung verlangt, und wird andererseits gesagt, „man wird nicht behaupten dürfen, durch (optische) Experimente die Erscheinungen nachgebildet zu haben, welche durch totale Verfinsterung der Sonne hervorgerufen werden, solange unter den nun bekannt gewordenen Phänomenen die Nachbildung grade der wichtigsten und entscheidendsten nicht gelingt, so lange das Wachsen und das Abnehmen der Protuberanzen .... in der Unvollkommenheit des Apparates allein ihre Erklärung finden sollen" *) — dann dürfte wohl die Frage erlaubt sein, ob derselbe Massstab schon an die eigene Anschauung gelegt worden ist, mit welchem die fremde gemessen werden soll? Also nicht sowohl der Mangel mathematischer Durchführung oder experimentaler Darstellung der Erscheinungen soll der topographischen Anschauungsweise zum Vorwurf gemacht werden, sondern vielmehr das, dass überall, wo die Beantwortung einer Einzelfrage auf einem jener exakten Wege

*) *d'Arrest,* Berichte d. Leipz. Ges. 1851, S. 98 und mit etwas andern Worten: Liter. Central-Bl. von *Zarncke,* 1852, No. 3 (17ten Januar).

beabsichtigt wurde, das Ergebniss stets verneinend war, dass die Beweise fehlen, die Anschauung also Nichts ist, als eine Lehre der Schule. Vor Allem aber muss jener Hypothese der Vorwurf gemacht werden, dass jede neue Thatsache einer neuen Annahme bedarf, welche die Thatsache erklären soll. Eine Erklärung der Erscheinungen durch Unbekanntes *) ist aber grade das Gegentheil von dem Ziele, welches die exakte Naturforschung verfolgt, nämlich von der Zurückführung der Beobachtung auf Bekanntes, von dem Nachweis des Gesetzes in der Erscheinung.

B. Optische Theorie.

21. Aus dem Gesagten dürfte zur Genüge hervorgehen, dass ich mich mit der topographischen Hypothese von den physikalischen Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen nicht einverstanden erklären kann. Schon kurz nach der Finsterniss von 1851 versuchte ich in einer kleinen Schrift — Optische Untersuchungen, veranlasst durch die totale Sonnenfinsterniss des 28sten Juli 1851; Greifswald 1852 — auseinanderzusetzen, dass alle jene Erscheinungen sich durch Beugung und Interferenz des von der Sonne kommenden und am Monde vorbeistreifenden Lichtes erklären lassen. Wie sich nun mittlerweile die Gründe gegen die topographische Hypothese vermehrt haben, so bietet das reichliche unterdess bekannt gewordene Beobachtungs-Material eine grosse Anzahl neuer Beweise für die optische Theorie. Bin ich also trotz mancher reiflich erwogener Gegenrede im Verlauf von 8 Jahren nur immer mehr von der Richtigkeit dieser Anschauungsweise im Allgemeinen überzeugt worden, so hat sich auch im Einzelnen der Erklärung

*) Hiermit ist nicht zu viel gesagt, wie die folgenden Beispiele beweisen werden: „Betrachten wir die Kräfte, welche die Sonnenflecken hervorbringen, auch wirksam für die Bildung der Fackeln, und legen wir diesen, wie es die Beobachtung lehrt, die Eigenschaft bei, die Poren (Schuppen) der Photosphäre zusammen und zur Seite zu schieben, so wird man u. s. w.“ (*Schmidt*, tot. Sonnenfinsterniss von 1851; Bonn 1852, S. 17.) — „Sei es nun, dass durch vulkanische oder durch elektro-magnetische oder durch andere uns noch unbekannte Kräfte die ... Wolkensphären ... durchbrochen werden u. s. w.“ (*Busch*, tot. Sonnenfinst. von 1851, Königsberg 1852, S. 19.)

nur hier und da eine Modifikation herausstellen wollen. Es sei erlaubt, demnächst an eine detaillirtere Darstellung der Beobachtungs-Ergebnisse anzuknüpfen und diese jener Erklärungsweise gegenüber zu halten.

Zuvor mögen aber diejenigen Abhandlungen zusammengestellt werden, welche bei den folgenden Untersuchungen vorzugsweise benutzt worden sind.

Birgerus Vassenius. Observatio eclipsis solis totalis cum mora facta Gothenburgi. Philosophical Transactions f. 1733, p. 134.

Lehmann. Die Sonnenfinsterniss am 8^{ten} Juli 1842. Brandenburg 1842.

Carlini. Sopra l'eclisse solare de 8^{ten} Luglio 1842. 3a Ed. Milano.

Arago. Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde, übersetzt von *Grieb.* Bd. 7. Stuttgart 1848. Ueber die totale Sonnenfinsterniss vom 8^{ten} Juli 1842. S. 44 ff.

Schumacher. Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss von 1842 auf der Wiener Sternwarte. Astron. Nachr. No. 457. (1843.)

Airy. Observations of the total Solar Eclipse of 1842. London by *Moyes* and *Barclay.*

Secchi. Communication relative à une observation faite par M. *Parès* lors de l'éclipse de soleil de 1842. L'Institut No. 914 (9^{ten} Juillet 1851).

Kutczycki. Observation de l'éclipse totale de soleil du 8^{ten} Août 1850 à Honolulu l'Institut No. 904. 30^{sten} Avril 1851.

Airy. Suggestion to astronomers for the observation of the total eclipse of the Sun on July 28^{sten} 1851. London by *Richard Taylor.* Ingleichen Philos. Magazine 4. Ser. 1851 No. 6 p. 508.

Busch. Ueber die totale Sonnenfinsterniss am 28^{sten} Juli 1851. 4. Aufl. Königsberg 1851. Vortrag vom 21^{sten} Febr. 1851.

Hansteen. Beobachtungen der totalen Sonnenfinsterniss vom 28^{sten} Juli 1851 auf der Sternwarte zu Christiania und an andern Punkten in Norwegen. Astron. Nachr. No. 815 (6^{ten} Juli 1852).

Ant. d'Abbadie. Eclipse tot. du sol. observ. le 28^{sten} Juillet 1851 à Frederiksværn. Comptes rend. V. 38 p. 295 (13^{ten} Févr. 1854).

J. W. Good. Total-eclipse of the Sun. 28^{sten} July 1851. Astron. Nachrichten No. 777 (Oct. 14^{ten} 1851).

Agardh. Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 auf der Festung Carlston. Lund Sept. 1851. Astron. Nachr. No. 783 (21^{sten} Nov. 1851).

Pettersson. Iakttagelser vid den totala Solförmörkelsen den 28^{sten} Juli 1851 i Götheborg.

Blomstrand. Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Hestra. Lund Sept. 1851. Astronom. Nachrichten No. 783 (21^{sten} Nov. 1851).

W. R. Dawes. Observation of the total eclipse of the Sun 1851 at Rävelsberg. Astr. Nachrichten No. 777 (14^{ten} Oct. 1851).

P. van Galen. Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 zu Brahavyd. Astron. Nachr. No. 772 (11. Sept. 1851).

Olufsen. Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Calmar. Astr. Nachr. No. 781 (7^{ten} Nov. 1851).

Ravn. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Christiansö. Astr. Nachr. No. 781 (7^{ten} Nov. 1851).

Busch. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Rixhöft. Astr. Nachr. No. 782 (14^{ten} Nov. 1851).

Busch. Beobachtungen und Wahrnehmungen bei der total. Sonnenfinsterniss von 1851. Vortrag vom 12^{ten} Nov. 1851. Königsberg 1852.

Ragona-Scina. Beob. der tot. Sonnenfinsterniss von 1851. Astr. Nachr. No. 776 (6^{ten} Oct. 1851).

Fearnley. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Rixhöft. Astr. Nachr. No. 782 (14^{ten} Nov. 1851).

v. Littrow. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Rixhöft. Astr. Nachr. No. 776 (6^{ten} Oct. 1851).

v. Littrow. Zweiter Bericht. Astr. Nachrichten No. 794 (19^{ten} Febr. 1852).

Anger. Beob. der tot. Sonnenfinsterniss von 1851 auf dem Schlosse Rutzau. Astr. Nachr. No. 794 (19^{ten} Febr. 1852).

Lehmann. Beob. der Sonnenfinsterniss von 1851 auf der Redlauer Höhe bei Zoppot. Astr. Nachr. No. 769 (14^{ten} Aug. 1851).

Mauvais et *Goujon.* Eclipse totale de soleil du 28^{sten} Juillet 1851. L'Institut No. 918 (6^{ten} Août 1851). Comptes rend V. 33 p. 127.

Mauvais. Eclipse totale de sol. observ. à Dantzig le 28sten Juillet 1851. Comptes rend V. 33 p. 169 (18ten Août 1851).

Goujon. Observ. de l'éclipse totale de soleil en 1851 à Dantzig. Comptes rend V. 33 p. 178.

v. Parpart. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 auf der Sternwarte zu Storlus. Culm 1851.

Galle-Brünnow, Wolfers. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 zu Frauenburg. Berl. Monatsberichte von 1851 S. 602.

Feldt. Die Sonnenfinsterniss v. 1851, beob. in Frauenburg. Astr. Nachr. No. 778 (21sten Oct. 1851).

d'Arrest. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 zu Königsberg in Pr. Leipziger Berichte, math.-naturw. Kl., 16ten Aug. 1851, S. 86.

d'Arrest. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Königsberg. Astr. Nachrichten No. 780 (30sten Oct. 1851).

Wichmann. Beob. der tot. Sonnenfinsterniss von 1851 am Königsberger Heliometer. Astr. Nachr. No. 787 (19ten Dec. 1851).

Jul. Schmidt. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 zu Rastenburg. Bonn 1852.

O. Struve. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss von 1851 in Lomsa. Bulletin de la classe phys.-math. de l'Acad. de St. Petersbourg, 8ten Août 1851. Auch selbstständig: Petersburg 1851. 8.

Jürgensen. Beob. der totalen Sonnenfinsterniss v. 1851 in Kopenhagen. Astr. Nachr. No. 778 (21sten Oct. 1851).

K. v. Littrow. Zusammenhang von Flecken und Protuberanzen der Sonne. Wiener Sitzungsberichte October 1855. Bd. 17 S. 411.

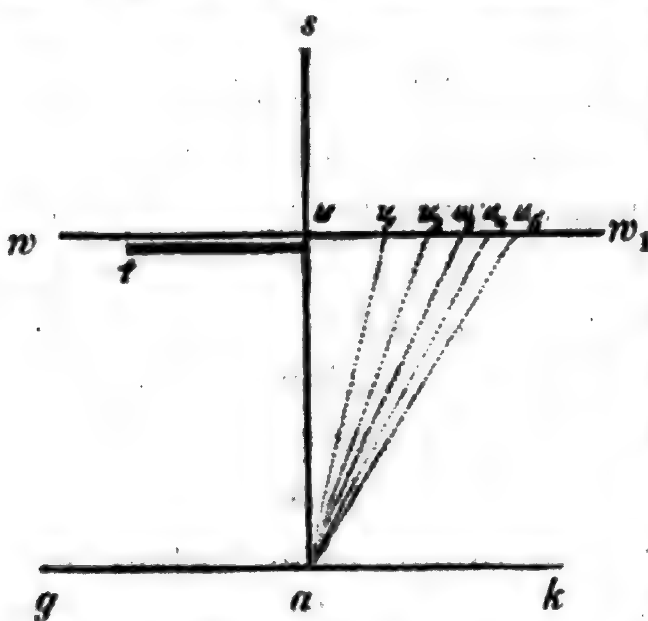
Mathieu. Rapport sur l'éclipse tot. de soleil observée le 7ten Sept. 1858 a *Payta.* Comptes rend. V. 47 p. 658 (25sten Oct. 1858).

Liais. Observ. de l'éclipse totale du 7ten Sept. par une commission brésilienne à Paranaguá. Cosmos par *Moigno.* V. 13 p. 641 (26sten Nov. 1858).

Rélation des travaux executés par la commission astronomique chargée par le Gouvernement imp. d'observer dans la ville de Paranaguá l'éclipse totale de soleil du 7ten Sept. 1858. Astr. Nachr. No. 1170—71 (18ten Dec. 1858).

I. Die Krone.

23. Es ist bekannt, dass in den geometrischen Schatten eines stark beleuchteten Körpers von der Lichtquelle her Licht durch Diffraktion geworfen wird. Den Vorgang pflegt man sich nach der Wellen-Theorie in folgender Weise zu erklären. Bedeutet in Figur 1 . . $w\ w_1$ eine ebene Welle homogenen Lichtes, welche von einem in der Richtung $a\ s$ befindlichen unendlich weit entfernten leuchtenden Punkte erregt wird und bedeutet $g\ k$ einen, (zur grösseren Einfachheit) der Welle parallelen Schirm, so wird der Punkt a von beiden Wellenhälften $u w_1$ und $u w$ gleichzeitig Licht empfangen. Wird die eine Wellenhälfte durch einen bis u reichenden undurchsichtigen Körper $u\ t$ aufgehalten, so kann man sich die von der anderen kommende und auf a wirkende Licht-Intensität zusammengesetzt denken aus allen Intensitäten, welche die Wirkungen sämmtlicher auf $u\ w_1$ liegender erregter Aethertheilchen in a hervorbringen. Denken wir uns $u\ w_1$ in solche Theile, $u\ u_1$, $u_1\ u_2$, $u_2\ u_3$ . . . . . getheilt, dass die Abstände ihrer Endpunkte von a immer um eine halbe Wellenlänge grösser sind, so wird der Punkt a von jeder Abtheilung her immer im entgegengesetzten Sinne in Schwingungen versetzt. Bezeichnen wir die Intensitäten der von den einzelnen Abtheilungen auf a ausgeübten Wirkungen bezüglich mit ρ, σ, τ, . . ., so ist die Schwingungs-Intensität in a oder



$$J = \rho - \sigma + \tau - v + \ldots\ldots$$

Diese Reihe ist eine sehr convergente, da jedes spätere Glied nicht allein wegen der geringeren Anzahl der erregenden Aethertheilchen zwischen $u\ u_1$, $u_1\ u_2$ . . ., sondern auch wegen der schiefen Richtung der von ihnen ausgehenden Strahlen schwächer wirkt. Wird nun der dunkle Körper nach w_1 hin verschoben, bis er auch die Abtheilung $u\ u_1$ verdeckt, dann ist die Licht-Intensität in a

$$= \sigma - \tau + v - \ldots\ldots,$$

bei einer Verschiebung des dunklen Körpers bis u_2 ergiebt sich in analoger Weise eine Licht-Intensität für a

$$= \tau - \upsilon + \ldots .$$

u. s. w. Hierdurch kommen wir zu der Ueberzeugung, dass a stets durch das von der Welle $w w_1$ herkommende Licht erregt wird, mag der Schatten gebende Körper $t u$ auch einen noch so grossen Theil der Welle verdecken. Die Licht-Intensität von a nimmt gleichmässig, aber in sehr starken Progressionen ab, in dem Maasse, als a sich von der Schattengränze weiter in das Innere des Kernschattens entfernt. Liefert der entfernte leuchtende Punkt s nicht monochromatisches, sondern weisses Licht, so wird a bei allen Stellungen des opaken Körpers $t u$ durch alle Bestandtheile desselben (freilich mit verschiedener Intensität) beleuchtet. Erweitert sich der leuchtende Punkt s zu einer leuchtenden Scheibe, so gilt das Gesagte für jede einzelne Stelle derselben, so dass a nur eine um so grössere Licht-Intensität empfängt.

24. *Fresnel* untersuchte den speziellen Fall besonders, wenn das von einem Punkt ausgehende Licht an der scharfen Kante einer demselben entgegengestellten opaken Platte vorbeistreift; und in einigem Abstand hinter derselben auf einen weisssn Schirm aufgefangen wird. Für diesen objektiven Versuch geht aus der Rechnung in Übereinstimmung mit der Beobachtung u. A. hervor, dass das gebeugte Licht von der geometrischen Schatten-Grenze aus in so starker Progression abnimmt, dass es bereits in geringer Entfernung von derselben unmerklich wird. Diese gewöhnlichere und ungleich bequemere objektive Gewinnung der Erscheinung mag die Veranlassung sein, dass man überhaupt hat anstehen können, die Kronen totaler Sonnenfinsternisse nicht sofort als die Fundamental-Darstellung der Beugung im grössten Massstabe zu erklären. Denn man meinte, dass, wenn das Licht bei dem objektiven Versuch schon in kurzem Abstand von der geometrischen Schattengränze unmerklich sei, es unmöglich wäre, bei jenem subjektiven Versuch noch so viel Licht in meilenweiter Entfernung von der Kernschatten-Grenze zu empfangen, dass dasselbe in einzelnen Fällen sogar „blendend" genannt werden konnte. Ja, der hergebrachte objektive Nachweis für die Beugung des Lichtes hat sogar so bedenklich gemacht, dass man eine von

Maraldi *) beschriebene künstliche subjektive Nachbildung der Krone als einen zweifelhaften Versuch bezeichnen konnte. Derselbe hing nämlich eine Kugel in das freie Sonnenlicht und, indem er sein Auge in deren Kernschatten brachte, beobachtete er einen die Kugel umgebenden hellen Lichtring. Diesen Ring der nachgebildeten, mit der Krone der natürlichen Finsterniss für identisch zu halten, erklärt *Arago* für voreilig, denn das Experiment sei nicht im luftleeren Raume angestellt, während sich der Mond in einem solchen befindet, und man habe nicht versucht nachzuweisen, wie sich die Erscheinung modificire, wenn man statt des Abstandes von 2—3 Meter eine Entfernung von 100,000 Stunden substituiren würde. Was den ersten Einwand betrifft, so hat bekanntlich schon *Newton* gezeigt, dass die Beugungs-Erscheinungen nicht durch das den okkultirenden Körper umgebende Mittel beeinflusst werden. Es blieb z. B. das Beugungs-Spektrum eines Haares ganz dasselbe, mochte es in Luft oder in Wasser aufgespannt sein. Und was das zweite Argument betrifft, so wird sich leicht jeder, der es auf rechnendem oder experimentellem Wege auszubeuten versuchen würde, überzeugen, dass das Ergebniss mit der Entfernung nur um so günstiger für die genetische Identität beider Erscheinungen spricht.

25. Der objektive Versuch unterscheidet sich nun von dem subjektiven wesentlich dadurch, dass man im ersten das in den Kernschatten gebeugte Licht mit dem direkt auf den Schirm fallenden vergleicht, wogegen beim subjektiven Versuch das ungleich intensivere direkte Licht abgehalten wird und das Auge nur einen Reiz von demjenigen schwachen Licht empfängt, welches die Ränder des okkultirenden Körpers durch Diffraktion ihm zuwerfen. Im ersten Falle verschwindet die geringe Intensität des in das Innere des Kernschattens gebeugten Lichtes ungefähr so, wie das Licht einer Kerze oder eines Fixsternes verschwindet in dem viele 1000 Millionenmal stärkeren Licht des Tagesgestirnes, wogegen im andern Fall das beim subjektiven Versuch durch Beugung in's Auge gelangende Licht mit dem Kerzen- oder Sternenlicht zur Nachtzeit zu vergleichen ist. Um mich zu überzeugen, ob das Licht der Krone in dem angegebenen Sinne mit andern Lichtstär-

*) Mém. de Paris, 1723, pag. 111.

ken vergleichbar sein dürfte, berechnete ich die Intensität desselben unter den ungünstigsten Annahmen, dass nämlich das gesammte Licht der Sonne in deren Centrum vereinigt sei, dass sich der Beobachter in der Mitte des Mondschattens befinde unter den Umständen einer möglichst grossen Sonnenfinsterniss und dass das Licht der Wega 30000 Millionen mal schwächer sei, als das der Sonne.*) Ohne der Rechnung, wie es auch der Natur der Sache nach nicht anders sein kann, eine tiefere Bedeutung beilegen zu wollen, ging doch daraus hervor, dass die von jedem Radius der Krone herrührende Lichtmenge wenigstens $\frac{1}{7}$ von der der Wega betragen müsse. Würde nun auch die Wega die Breite einer ganzen Sekunde am Himmel einnehmen, so hätte dennoch die Krone doch noch eine Lichtmenge gespendet, welche fast 900 um das Doppelgestirn gestellte Wega geben würden. Die Intensitäts-Verminderung durch die atmosphärische Luft ist dabei ausser Acht gelassen worden.

26. Noch sicherer schwinden aber die Bedenken, wenn man den überaus einfachen Versuch wiederholt. Lässt man das mit einem Heliostaten aufgefangene Sonnenlicht durch eine willkürlich zu wählende Oeffnung in sin verfinstertes Zimmer treten, stellt man eine Scheibe oder Kugel von Metall in den Weg dieses Strahles und bringt man in den dadurch gewonnenen Kernschatten ein Fernrohr, so wird man durch letzteres den okkultirenden Körper beobachtend, sich leichter vor Täuschungen schützen, als wenn man mit freiem Auge experimentirt. Im einen wie im andern Fall jedoch sieht man die leuchtende Krone den verdunkelnden Körper rings umgeben.

27. Breite der Krone. In den mitgetheilten Schätzungen über die Breite der Krone lässt sich sehr wenig Übereinstimmung finden. Nicht allein, dass dieselbe bei verschiedenen Finsternissen anders angegeben wurde, was sich aus der Grösse der Finsterniss leicht ableiten liesse, sondern sogar bei derselben Finsterniss, ja an demselben Orte hat man eine sehr verschiedene Breite der Krone gefunden. Es mögen die wenigen hierüber statthaften Erörterungen an folgende Zusammenstellung angeknüpft werden. Im Jahre 1842 hatte man zwei concentrische Abtheilungen der Krone,

*) Nach *Seidel*, Astron. Nachr. No. 1193.

eine innere und eine äussere, deutlich unterscheiden können; in einem Falle, u. z. von *Piola* in Lodi war zwischen beiden Abtheilungen sogar ein dunkler Ring gesehen worden. Hiernach erklären sich die Überschriften: „Innere und äussere Krone“ in der folgenden Tabelle für die Beobachtungen von 1842, welche für die Mittheilungen von andern Finsternissen fehlen. Die Breite der Krone ist vom Mondrande an gerechnet.

Beobachter.	Breite d. Krone in Minuten innere	äussere	**Beobachtungsmittel.**
1842.			
Selva } in Perpignan.	3	—	———
Laugier } in Perpignan.	—	10	Fadennetz.
Mauvais } in Perpignan.	2	—	Fadennetz.
Petit in Montpellier.	—	8¾	Fadennetz.
Regnaud in Toulon.	2	—	Reflexionskreis.
Baily in Pavia.	—	16	achromat. Dollond, 1,7 mtr. Fokaldistanz u. 40malige Vergröss.
Airy in Turin.	4	—	Schätzung.
Struve und *Schidlofski* in Lipezk.	—	25	Schätzung.
1850.			
Kutczycki, Honolulu	———		———
1851.			
Abbadie, Frederiksværn.	6½		52mal vergrösserndes Fernrohr mit 99mm Öffnung.
Pettersson, Göthaborg.	10 (etwa)		40 mal vergrösserndes *Pistor*'sches Fernrohr.
Good, Kropp.	20—24		Terrestr. Fernr. v. 4 Fuss Fokalweite.
Dawes, Rävelsberg.	16		29 mal vergr. Fernr. mit Fadenkreuz u. einem dritten Faden von 58 Bogensecunden Dicke.
Ravn, Christiansö.	32		30—40 mal vergr. Rohr ohne Messvorrichtung.
Ragona-Scina, Rixhöft.	20—23		11 mal vergrös. Kometensucher mit Glasmikrometer v, 6′57 breiten Intervallen u. 5° angeb. Posit.Kreis.
Lehmann, Zoppot.	8		Mit freiem Auge.
Mauvais, Danzig.	10		48 mal vergr. Fernrohr mit Metall-

Beobachter.	Breite d. Krone in Minuten.	Beobachtungsmittel.
		plättchen am Diaphragma von 1, 2, 3, 4 Bogenminuten Breite.
Schall, Danzig.	30 (etwa)	Mit freiem Auge.
Brünnow, Frauenburg.	30	Mit freiem Auge (bedeutend grösser als im Fernrohr).
d'Arrest, Königsberg.	16 5 *)	81 mal vergr. Fernrohr nebst Kometensucher ohne Messvorrichtung.
Thormann, Rastenburg.	15	50 mal v. *Fraunhofer*'sches Fernr.
Schmidt, Rastenburg.	15	Mit freiem Auge oder im Fernr.?
Billerbeck, Rastenburg.	7 u. 8 u. 12.	Schätzung mit einem Binocle in verschiedenen Stadien.
Struve, Lomsa.	4	42 mal vergrösserndes Fernr. mit 2 Parallelfäden, 72″ von einander entfernt und ein auf ihnen senkrechter Faden nebst einem 5° angebenden Positionskreis.
	10	Mit unbewaffnetem Auge.
1858.		
Liais. Paranaguà.	34	Fernr. mit Theilung, und andere Instrumente.

28. Im Allgemeinen hat man die Krone nach allen Richtungen von gleicher Breite erblickt und 1851 eine koncentrische Bifurkation nicht gesehen. *Fearnley* sagt: „Obgleich ich keine Spur von einer auf das Zodiakallicht hindeutenden Form der Strahlenkrone wahrnehmen konnte, so machte doch die ganze Erscheinung einen solchen Eindruck, dass ich darin wirklich glaubte, den inneren Theil des Zodiakallichtes vor mir zu sehen.“ Jedenfalls müssen wir daraus entnehmen, dass auch in Rixhöft die Krone eine Kreisgestalt gehabt habe. Wie sie aber den Eindruck vom innern Theile des Zodiakallichtes habe machen können, ohne dass eine Spur einer darauf hindeutenden Form wahrnehmbar gewesen ist, wäre ohne Zweifel von Interesse näher zu erfahren. Nur in

*) 16 Minuten ist die Angabe in den „Astronomischen Nachrichten Nr. 780“, und 5 Minuten die in den „leipziger Berichten math. phys. Kl. 1851 S. 91“ mitgetheilte. Vielleicht sind das eine Mal die Strahlen der Krone eingerechnet, das andere Mal aber ausgeschlossen.

einem Falle mag sie in elliptischer Gestalt gesehen worden sein, indem *d'Abbadie* bemerkt, dass sie nach beiden Seiten der Ekliptik breiter erschienen sei, als nach anderen Richtungen.

29. Zuerst tritt die Frage entgegen, ob es sich überhaupt erklären lasse, dass die Krone in merklicher Breite den Sonnenrand umgiebt. Zwei Gründe sind es, nach denen dieselbe bejahend beantwortet werden muss. Aus den bei der Erklärung der Krone an die Spitze gestellten theoretischen Erörterungen geht nämlich zuvörderst hervor, dass die die Beugung veranlassende Störung in der gradlinigen Fortbewegung des Lichtes nicht blos in unmittelbarer Nähe am verdunkelnden Körper vonstatten geht, sondern dass sie in messbarem, wenn auch kleinem Winkelabstand von demselben merklich sein muss. Den andern Grund für die Ausbreitung der Krone giebt aber die Reflexion des Lichtes an den Theilchen der atmosphärischen Luft ab. Die vom Rande des Mondes ausgehenden Strahlen gebeugten Lichtes treffen nämlich nicht allein den im Kernschatten desselben befindlichen Beobachter, sondern beleuchten ebensowohl die im Schattenkegel enthaltenen Theilchen der atmosphärisehen Luft. Die letzteren reflektiren nun das empfangene Licht um so leichter in das Auge des Beobachters, je kleiner der Winkel ist, um welchen dieses dadurch von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt zu werden braucht, d. i. je näher sie an der Richtungslinie seines Auges gegen den Mondrand liegen. Der Beobachtnr empfängt also nicht allein aus dieser Richtung, sondern auch aus deren Nähe Licht von unbestimmter Entfernung her, und versetzt die Ursache desselben gegen den Himmel in die Ebene des Mondes. Erklärt sich somit in zweiter Linie die Ausbreitung der Krone, so wird dadurch auch der Grund nachgewiesen, warum sie sich allmälig abschattiren muss bis zum allgemeinen Dunkel des Himmels.

30. Wenn nun nach dieser Erklärung die vom Mondrand nach aussen liegenden Lufttheilchen immerhin eine stärkere Beleuchtung empfangen, als die inneren, in dem sie der Schattengrenze näher sind, und wenn diese sonach zu einer grösseren Ausbreitung der Krone nach dieser Richtung Anlass geben: so wird dadurch doch nicht ausgeschlossen, dass nicht auch die sich auf die dunkle Mondscheibe selbst projicirenden Lufttheilchen Licht reflektiren sollten. Hierdurch würde aber der scheinbare Durchmesser des

Mondes beeinträchtigt werden. Diese Vermuthung hatte ich schon damals, als ich mich zur Beobachtung der Sonnenfinsterniss von 1851 vorbereitete. Könnte nicht auf der so günstig gelegenen Sternwarte zu Königsberg eine Messung des Monddurchmessers während der totalen Phase angestellt werden? dachte ich damals, scheute mich aber eine Frage zu formuliren, die nur auf Vermuthungen gegründet war. Doch ist die Messung durch *Wichmann* mit dem Königsberger Heliometer ausgeführt worden. „Der Halbmesser der dunkeln Mondscheibe war 0″8 kleiner, als das Berliner Jahrbuch, und 1″9 kleiner als die Heliometermessungen der Halbmesser des Vollmondes ergeben haben.“ Ferner hat *Espelund* in Göthaborg mit einem Sextanten von *Cary* drei Messungen des Mondhalbmessers während der totalen Phase ausgeführt, nach denen sich im Mittel 16′33″8 ergaben, während er nach the nautical Almanac 16′39″0 betragen sollte. Der Unterschied von 5″2 mag noch „in der Fehlergrenze der Beobachtung“ liegen, doch ist er grösser als der in Königsberg gefundene, und hat mit diesem, so wie mit dem nach der Theorie erschlossenen gleiches Vorzeichen. Es mögen diese Thatsachen genügen; es mag aber dahin gestellt bleiben, wie viel davon auf Rechnung der hier angeführten Ursache zu bringen ist. Dass man stets den Mondrand während der totalen Verfinsterung scharf abgegrenzt gesehen hat, spricht nicht dagegen. Das beweisst nur, dass die Abnahme der Intensität des Kronenlichtes auf der Innenseite so rasch geschieht, dass deren Winkelbreite für die Beobachtung verschwindet.

31. Sehen wir ab von den Unvollkommenheiten der Beobachtung einer Erscheinung, der in neuerer Zeit nur ausnahmsweise mehr als eine untergeordnete Bedeutung beigemessen wurde, so erklärt sich aus dem Gesagten ferner der Einfluss grösserer oder geringerer Durchsichtigkeit der Atmosphäre von selbst. Jedenfalls ist aber die beobachtete Breite der Krone eine Funktion von der Lichtstärke der Beobachtungsmittel. Vielleicht dürfte daraus abgeleitet werden, dass die grösseren Zahlen 20—24, 23, 16 der obigen tabellarischen Zusammenstellung durch Beobachtungen mit lichtstarken terrestrischen oder schwach vergrössernden astronomischen Fernröhren oder auch mit freiem Auge gewonnen wurden, wenn man anders berechtigt sein darf, in der Regellosigkeit der angeführten Zahlen nach einer Regel zu suchen. Übergangen kann

jedoch die Bemerkung *Struve*'s nicht werden, dass ihm 1851 mit freiem Auge die Krone bei einer Ausdehnung von 10 Minuten wallend und scintillirend erschien, während sie sich im Fernrohr ganz erheblich schmäler und in ruhigem Lichte zeigte.

32. Dass die Krone beim Beginn der Totalität auf der Ostseite, vor dem Ende derselben aber auf der Westseite vielfach breiter erschienen ist, dass sie also den Eindruck machte, als sei sie der Sonne und nicht dem Monde concentrisch, hat man öfters als ein Argument für deren Zugehörigkeit zur Sonne anführen wollen. Das geht aber so einfach aus der Theorie der Beugung hervor, dass eine ausführliche Darlegung unnöthig ist. Anders steht es mit der vereinzelten Beobachtung *Billerbeck*'s, der zufolge in Rastenburg gewissermassen das Umgekehrte stattfand, indem zu Anfang der Totalität die Westseite, nicht aber zu Ende derselben die Ostseite der Krone breiter erschien, als die andern Theile derselben. Zur Erklärung führt die Thatsache, dass sich dort mit fortschreitender Totalität zwei starke Ausstrahlungen bildeten, die zu Anfang als blosse Verbreiterung der Krone aufgetreten sein mögen.

33. Die Farbe der Krone. Wie die Angaben über die Breite, differiren auch die, welche die Farbe der das Doppelgestirn umgebenden Aureole betreffen. Bei der totalen Finsterniss von 1842 sahen die Krone mit rother oder gelber Farbe: *Laugier* in Perpignan (mit unbewaffnetem Auge erschien sie ihm weiss); *Mauvais* daselbst; *Majocchi* in Novara und *Piola* in Lodi. Rein weiss erschien sie *Pinaud* und *Boisgiraud* in Narbonne, *Flaugergues* in Toulon, *Baily* in Pavia, *Schumacher* in Wien, *Struve* und *Schidlofsky* in Lipezk. Die Krone von 1850 war vollständig weiss. Die von 1851 wurde roth, orange oder gelb gesehen von *d'Abbadie*, *Riis* (dunkler gelb als Stroh, nach aussen aber, und scharf davon abgegrenzt, dunkelgrau, Mittheilung von *d'Abbadie*), *Galle*, *Brünnow*, *Goujon*, *d'Arrest* (weiss bis hellgelblich), *Williniczik* (Mittheilung von *Busch*), *Schmidt* (gelblich, sicher nicht weiss), *Thormann* (gelblich, innen röthlich, ähnlich den Protuberanzen). Ferner wurde ihr Ansehen mit Bleifarben oder grau bezeichnet von *Hjorth*, *Olufsen* und einem Mitbeobachter *d'Abbadie*'s. Weiss erschien sie *Ravn*, *Irgens*, *Hansteen*, *Good*, *van Galen* (wie elektrisches Licht zwischen Kohlenspitzen), *Lehmann*, *Feld*, *Busch*, *v. Littrow*, *Fearnley*, *Ragona-Scina* und mir selbst. Die Beobachter der vorjährigen Sonnen-

finsterniss sahen die Krone nahe am Monde gelb und am äusseren Umfang silberweiss. Die Angaben sind sonach so ausserordentlich verschieden, dass sich aus denselben keineswegs entnehmen lässt, welches die Eigenfarbe der Krone ist. Eine objektive Bestimmung liegt keiner dieser Angaben zu Grunde und welchen Werth eine reine subjektive Beurtheilung von ungesättigten Farben hat, ist bekannt genug.

34. Einen sicheren Anhalt gewährt der theoretische Standpunkt. Die Herleitung der einfachen Beugung des Lichtes in den Kernschatten eines opaken Körpers zeigte nämlich, dass für jede einzelne Farbe die Intensität des Lichtes in sehr starken Progressionen abnimmt in dem Masse, als das Licht von der Grenze des Kernschattens aus weiter in dessen Inneres gebeugt wird. Es geht ferner aus dieser Theorie hervor, dass jene Abnahme für geringere Wellenlängen eine raschere ist, als für grössere. Für einen bestimmten Abstand des Beobachters von der Grenze des Kernschattens will das also so viel sagen, dass derselbe durch die kleineren Wellen, also durch das stärker brechbare Licht mit geringerer Intensität berührt wird, als durch die minder brechbaren Strahlen. Das Licht, welches also der Beobachter von der Krone her empfängt, besteht aus einer verhältnissmässig grösseren Menge rothen und gelben, und geringeren Menge violetten und blauen Lichtes, als das direkt von der Sonne kommende Licht. Die Krone muss also, wenn nicht andere Ursachen die Erscheinung beeinflussen, röthliches oder gelbliches Licht ausstrahlen. Den äusseren Antheil der Krone erklärten wir aber durch Reflexion des ursprünglich gebeugten Lichtes von dem in der Nachbarschaft der Gesichtslinie zum Mondrand liegenden Lufttheilchen. Es wird dasselbe sonach eine bläuliche Färbung annehmen, wie alles von der Luft reflektirte Licht und somit erklärt sich ungezwungen, was manche Beobachter mittheilen, dass nämlich der äussere Theil der Krone anders und minder roth oder gelb gefärbt sei, als der dem Mondrand zunächst liegende Ring.

35. Nach dem Gesagten würde aber das sicherste Prüfungs-Mittel für die entwickelte Ansicht und gleichzeitig für die Eigenfarbe der Krone darin bestehen, dass man sie durch Gläser von verschiedener Farbe betrachtet. Ich zweifle nicht, dass die Krone der kosmischen Sonnenfinsterniss in Uebereinstimmung mit dem,

was man bei Verfinsterungen im Laboratorium unzweideutig beobachtet, durch rothes Glas breiter erblickt wird, als durch blaues oder violettes.

Dass das in den Kernschatten gebeugte Licht mehr Procente an minder brechbaren Strahlen enthält, als das seiner Quelle, weist auch die rothgelbe Färbung des Mondes bei totalen Mondfinsternissen nach. *Babinet* *) spricht hiervon bei Gelegenheit einer Abhandlung über die totale Mondfinsterniss vom 19ten März 1848, indem er bemerkt, dass, wenn jenes Licht von der dem Monde sichtbaren beleuchteten Atmosphäre der Erde ihm zugesandt würde, oder wenn es durch regelmässige Brechung in derselben ihm zukäme, es jedenfalls eine bläuliche, nicht eine rothgelbe Färbung besitzen müsste.

Eine röthliche Färbung der Krone lässt sich auch aus *Fusinieri*'s Beobachtung herleiten, der 1842 das Licht der Krone durch ein Glasprisma analysirte und das durch sie gebildete Spektrum ganz ohne Grün sah. An der Stelle des Grün soll das Spektrum dunkel erschienen sein. Fehlt mir auch eine Erklärung dafür, dass grade das Grün mehr aus dem Farbencomplex ausgetreten sei, als die noch brechbareren Strahlen, so verdient doch jedenfalls dieser interessante, aber freilich nur durch einseitige Beobachtung bekannt gewordene Versuch durch Wiederholung bestätigt zu werden.

36. Lichtstärke der Krone. Die Lichtstärke der Krone hat man namentlich durch die Wirkung auf *Daguerre*'sche Präparate, durch Vergleichung mit bekannten Lichtstärken, durch Schattenversuche und durch den physiologischen Effekt zu beurtheilen erstrebt. Was die erste Untersuchungs-Methode betrifft, so hat man 1842 ein *Daguerre*'sches Bild von der Krone nicht erhalten können, wohl aber gelang es 1851 Herrn *Berkowsky* in Königsberg. Das geschah wohl aus dem Grunde, weil man nach 9 Jahren empfindlichere Präparate darzustellen gelernt hatte, denn ohne Zweifel war 1842 die Krone lichtstärker, als 1851. Zu gleich geringen Ergebnissen führten Vergleichungen mit andern Lichtquellen. So wollten 1842 die Beobachter von Perpignan und Wien sie nicht lichtstärker gefunden haben, als den Vollmond; *van Galen* taxirt die Krone von 1851 bedeutend heller als die gleichzeitig sichtbar

*) *Babinet*, Comptes rendus, T. 26, p. 345 (20sten März 1848).

gewesene Venus und diese erschien eben so hell als gewöhnlich in der Morgen- und Abenddämmerung; gegen Ende der Finsterniss wurde die Krone aber blendend. Man hat vielfach darauf geachtet, ob die von der Krone beleuchteten Gegenstände einen Schatten zu werfen im Stande seien, jedoch fast ohne Ausnahme negative Erfolge gehabt. Dies kann nur daher rühren, dass das von der Krone stammende Licht keine beträchtlich grössere Intensität gehabt hat, als das zerstreute Tageslicht. Wenn man in einem Falle beobachtete, dass eine in einem Kasten mit enger nach der Krone gerichteter Oeffnung befindliche Bussolen-Nadel einen Schatten warf, so dient das nur als Bestätigung für die aufgestellte Ansicht. Keinen bedeutenderen Anhalt gewähren die physiologischen Versuche an Pflanzen und Thieren. Nur eine Behauptung ist überzeugend; es ist die *Struve's*, wenn er 1842 sagte: „Die Krone hatte einen so lebhaften Glanz, dass das nackte Auge denselben kaum aushalten konnte," — und wenn er im Vergleich hiermit 1851 erklärt, dass keineswegs „der Eindruck auf das Auge als ein blendender bezeichnet werden durfte." Und dem entsprechend fand er einmal eine Breite von ¼ Monddurchmesser, das andere Mal nur 10 Minuten.

37. Sichtbarkeit der Krone und des Mondes vor und nach der Finsterniss. Viele Beobachter haben mit besonderem Interesse darauf geachtet, ob die Krone vor und nach der totalen Verfinsterung der Sonne sichtbar sei oder nicht. Obschon nun weit öfter das letztere constatirt worden ist, so ist doch ohne allen Zweifel dargethan, dass die Krone in den letzten und ersten Strahlen der Sonne nicht erlischt. Sie wurde 1842 z. B. von *Petit* und *Roche* 5—6^s vor dem gänzlichen Verschwinden der Sonne gesehen und nach dem Wiederaustreten blieb sie den Beobachtern von Marseille, Novara und Mailand einige Zeit sichtbar; ja es hat sogar nach der Aussage von *Hombres-Firmas* in Alais, wo die Finsterniss nicht total war, „Jedermann den blassen Lichtkreis gesehen, der den Mond umgab." Aehnliches berichtet *Muttray* *) aus Memel, wo 1851 die Sonnenfinsterniss gleichfalls nicht total war und dennoch die Krone gesehen wurde. Im Gegentheil wurde aber in Kopenhagen, welches in ähnlichem Abstand vom Schatten-

*) *Schmidt*, totale Sonnenf. von 1851, Bonn 1852, S. 19.

streifen lag, von der Krone und von dem Mondrande ausserhalb der Sonne nichts gesehen. *) Ueberhaupt hat man, wie leicht erklärlich, die Krone länger nach, als vor der totalen Verfinsterung gesehen; vorher sah sie z. B. *Mauvais* 4—5ˢ lang und nachher 1ᵐ 12ˢ, *Struve* sogar 2½ᵐ lang. Von *Liais* wurde sie 1858 nicht vor, sondern nur 18—20ˢ nach der Finsterniss gesehen.

38. Hiermit im Zusammenhang ist unzweifelhaft die Thatsache, dass wiederholt der Mondrand ganz oder theilweise ausserhalb der Sonne gesehen worden ist, wenn letztere zum Theil unbedeckt war. Man kann dieses so deuten, dass das Licht der Krone dann grade stark genug ist, um gegen die dunkle Mondscheibe abzusetzen, nicht aber so intensiv, um sich von dem durch die Atmosphäre zerstreuten Licht wesentlich zu unterscheiden. In dieser Hinsicht ist eine Bemerkung *Blomstrand*'s von Interesse, der zufolge eine Viertelstunde vor dem Beginn der totalen Finsterniss von 1851 in Hestra eine Wolke vor der Sonne vorüberzog und demnächst der ganze Mondrand gesehen werden konnte, indem man die Erscheinung ohne Blendglas zu beobachten im Stande war.

Die Sichtbarkeit der Krone oder des Mondrandes vor und nach der gänzlichen Bedeckung ist schwerlich von Belang zur Entscheidung der Frage, ob die Krone eine optische Erscheinung sei oder ob sie anderen Ursachen ihr Dasein zu danken habe. Wohl aber dürfte man nach diesen Beobachtungen in den Stand gesetzt sein, die Lichtstärke der Krone zu ermitteln. Sie würde nämlich, wie *Arago* darthut, im Moment ihres Auftretens grade die Intensität des zerstreuten Tageslichtes überwiegen, deren Werth sich ergiebt aus der Grösse des gleichzeitig unbedeckten Theiles der Sonne, und dieser ist, wenn man blos eine einzige Reflexion an den Theilchen der Atmosphäre in Betracht zieht, proportional dem sichtbaren Theile des Tagesgestirns.

39. Polarisation der Krone. *Arago* hatte in seinem Programm zur Beobachtung der Finsterniss von 1842 gebeten, die Krone auch in der Hinsicht zu untersuchen, ob sie polarisirtes Licht gebe. Dem ist vielfach entsprochen worden, aber stets mit äusserst streitigem Erfolg. Die einzige sichere und auf eine zwei-

*) *Jürgensen*, Astron. Nachr. No. 778, Oct. 21, 1851.

felnde Anfrage *d'Abbadie*'s wiederholt bestätigte *) Beobachtung verdanken wir *Liais*. Derselbe untersuchte nämlich die Krone von 1858 mit einem Turmalin und fand in jeder Lage desselben eine geringe, aber doch wahrnehmbare Lichtschwächung in der Richtung seiner Achse. Ebenso bemerkte er mit *Savart*'s Polariskop schwache Streifen, welche nicht über den Mond hinweggingen. Es würden sonach die Aetherschwingungen des Lichtes der Krone vorzugsweise senkrecht auf den jedesmaligen Mondhalbmesser gerichtet sein. Hieraus lässt sich aber ein wohl schwerlich zu widerlegender Beweis dafür ableiten, dass die Krone eine Erscheinung der Beugung des Sonnenlichtes in den Schatten des Mondes ist, nicht aber eine Photosphäre der Sonne. Jedenfalls wäre die Annahme zu kühn, dass eine als Krone sichtbar werdende Sonnenhülle dem festen oder tropfbaren Aggregat-Zustande angehöre. Bestände aber diese vermeintliche Photosphäre aus einem selbstleuchtenden Gase, so dürfte sie unter allen Umständen kein polarisirtes Licht aussenden. Dahingegen verträgt es sich sehr wohl mit den von *Stokes* **) gepflogenen Untersuchungen, ja es dürfte sogar leicht aus denselben abgeleitet werden können, dass grade eine solche Polarisation des Lichtes der Krone stattfinden müsse, wie sie *Liais* beobachtete, wenn sie der Beugung ihren Ursprung verdankt. Es veranlassen nämlich die von der Sonne nach dem Mondrand gehenden Lichtstrahlen Aetherschwingungen nach allen zu ihrer Fortpflanzung senkrechten Richtungen und diese kann man zerlegt denken parallel zu demjenigen Halbmesser der Mondscheibe, an dessen freiem Ende sie vorbeistreifen und senkrecht zu demselben. Werden nun jene Lichtstrahlen vom Mondrand nach dem Innern des Schattens abgelenkt, so zerlegen sich die ersteren Komponenten der Vibrationen abermals in zwei Theile, von denen der eine senkrecht auf der Fortpflanzungs-Richtung des gebeugten Strahles steht, während der andere in der Richtung der Fortpflanzung selbst fällt und somit für die Wahrnehmung verloren geht. Die senkrecht zum Mondhalbmesser stehende Komponente erleidet aber nach der Beugung keine derartige Zerlegung, weil sie eben-

*) Acad. des sc. de Paris. Sce. du 17. Mai 1859. — Cosmos par *Moigno*, vol. 8, pag. 572 (20. Mai 1859).

**) Transact. of the philos. soc. of Cambridge; T. 9, pt. 1, 1851.

falls senkrecht auf dem gebeugten Strahle steht. Der Effekt ist sonach der von *Liais* beobachtete: Verminderung der Schwingungs-Intensität, parallel zum Halbmesser der Mondscheibe.

40. Höfe. Merkwürdig ist, dass bei der so seltenen Erscheinung einer totalen Sonnenfinsterniss zwei Berichte über gleichzeitig beobachtete grössere farbige Höfe vorliegen. *d'Abbadie* sah einen solchen am 28. Juli 1851 in Frederiksværn, der innen roth, aussen violett gefärbt war, kurz nach Beginn der Finsterniss entstand und bis zum Moment der totalen Immersion dauerte. Der andere, ebenfalls gefärbte Hof wurde 1858 sowohl in Pinheiros auf der Nordgrenze des Kernschattens, als auch auf der Centralstation Paranaguá von *de Birto* und *d'Azambuja* beobachtet und war wahrscheinlich mit einer Nebensonne versehen. Sollte das Zufall sein oder dürfte bei der durch den Schatten begünstigten Abkühlung der Atmosphäre die Bildung der Eisnadeln erleichtert werden, denen man die Erscheinung der grossen Höfe zuschreibt? Hierhin möchte auch ein elliptischer Ring von violetter Färbung gerechnet werden, welcher ausser der gewöhnlichen Krone von *Steffahny* in Rixhöft gesehen wurde, der in der grossen Achse eine Abmessung von 2½ Mondbreiten besass, sich im Laufe der Finsterniss in zwei sich schneidende Kreise verwandelte und dann die erste Gestalt wieder annahm.

II. Die vor, während und nach der totalen Finsterniss wahrgenommenen Färbungen.

41. Die in der Umgebung der totalen Sonnenfinsternisse auftretenden Farbenerscheinungen werden je nach den verschiedenen Umständen sehr wesentlich verschieden geschildert. Bei einer näheren Betrachtung derselben müssen vor allem die Farben des von der noch sichtbaren Sonnensichel kommenden Lichtes unterschieden werden von den Färbungen, in welchen die beleuchteten Gegenstände erscheinen.

42. Die Farbenänderung des direkten Sonnenlichtes bei zunehmender Verfinsterung scheint verhältrissmässig selten Gegenstand der Beobachtung gewesen zu sein. Es sind mir wesentlich nur die folgenden Mittheilungen bekannt geworden. Bei der Finsterniss von 1851 sah *Busch* eine halbe Stunde nach Anfang

der partiellen Phase einen orangefarbenen Saum um den Mondrand entstehen und 10 Sekunden später eine violette Färbung der freien Sonnensichel an der vom Mondrand abgewandten Seite. Diese Erscheinung verlor sich 9 Minuten vor Eintritt der totalen Finsterniss, wiederholte sich aber nicht nach derselben. Aehnliches sah auch *Fearnley*, doch ohne es näher zu beachten. Ebenfalls in Rixhöft sah *Ragona-Scina* 10 Minuten vor der Totalität den Mondrand rosa gefärbt. Bei derselben Finsterniss beobachtete *Reslhuber* in Kremsmünster, wo sie nicht total war, einen gelbrothen Saum am Mondrande, der sich auf den noch unbedeckten Theil der Sonne projicirte und zur Zeit der dortigen stärksten Verfinsterung zeigte die Beleuchtung einen eigenthümlichen schwer zu beschreibenden Charakter, sie war fast gelbblau (?). In Leipzig nahm *Stockmann* einen ähnlichen Saum wahr. In Kopenhagen, wo die Finsterniss von 1851 fast total war, erschien *Jürgensen* und Andern während der grössten Phase der noch übrige Sonnenrand in Fernröhren nicht als Kreissegment, sondern als zusammengesetzt aus 5 — 6 vibrirenden Ringen, die durch dunkle Streifen getrennt und deren Enden abgestumpft waren. Ich wage von dieser letzten Mittheilung keine Erklärung zu geben. Sollten diese Erscheinungen, wie die von *Arago*, Unterhaltungen etc., S. 96, beschriebenen „Bänder" vielleicht ebenfalls herrühren von einer unvollkommenen Einstellung des Fernrohres? *)

43. Eine zur Wiederholung nicht genug zu empfehlende experimentale Untersuchung der hierhergehörenden Fragen rührt von *Kuhn* **) her. Derselbe beobachtete nämlich in Bogenhausen bei München, das von der dort am 28sten Juli 1851 freigebliebenen Sonnensichel entworfene prismatische Spektrum mit dem Fernrohr, und zwar von $3^h 7^m 20^s$, wo der Eintritt des Mondes wahrgenommen wurde, bis $32^m 22^s$ vor dessen Austritt, wo die Sonne vom Beob-

*) In Kullick erschienen die Hörnerspitzen bis 12 Minuten vor der totalen Verfinsterung und von 10 Minuten nach derselben an (inzwischen war die Sonne durch eine Wolke verdeckt), immer ganz scharf auslaufend, wenn Mondberge solches nicht verhinderten, und ohne die geringste Spur von ausstrahlendem Lichte, welches einige andere Beobachter gesehen haben (Astronom. Nachr., Bd. 33 No. 789).
P.

**) Bulletin de la cl. phys.-math. de l'Acad. de St. Petersbourg vol. 11 p. 380.

achtungsfenster verschwand. Dabei zeigte sich, dass die Linien und Streifen unverändert ihren Ort beibehielten, den sie zu andern Zeiten einnahmen. Die Anzahl der dunkeln Linien wurde aber nach und nach beim Fortschritt der Finsterniss im Roth und Orange auffallend geringer, während sie sich im Violett und an der Stelle, den der violette Streifen gewöhnilch einnimmt, beträchtlich vermehrte. Die Intensität der Farben wurde aber nicht blos viel geringer als unter sonstigen Verhaltnissen gefunden, sondern es zeigten sich auch in Bezug auf die Ausdehnung der Farbenstreifen besondere Unterschiede. Namentlich begann von 4 Uhr an der grüne Streifen sich deutlich über das Blau hinweg auszubreiten, letzterer verschwand nach und nach und ersterer verdeckte den hellblauen Antheil. Allmälig wurde auch das Violett schmäler bis statt seiner eine dunkelgraue farblose Stelle Platz griff, und von 4 Uhr 15 Min. bis 4 Uhr 28 Min. konnte vom Blau und Violett nichts mehr wahrgenommen werden. Nachdem die grösste Verfinsterung überschritten war, wiederholten sich die Erscheinungen in umgekehrter Ordnung,

Nicht ganz dieselben Ergebnisse erhielt *Liaes* als er bei der ringförmigen Finsterniss vom 15ten März 1858 und der totalen Finsterniss vom 7ten Septemb. desselben Jahres die schmale Sonnensichel mit dem Prisma analysirte. Im ersten Falle fand er eine grosse Schwächung des violetten Lichtes, im letzten stellte sich dieselbe nicht wieder ein. wohl aber prädominirte das gelbe Licht im Spektrum mehr als beim Anfang der Finsterniss.

44. Die Färbungen der beleuchteten Gegenstände haben dieAufmerksamkeit der Beobachter mehr auf sich gezogen, als die Farben des direkten Sonnenlichtes. Schon *Plantate* und *Clapiès* erwähnen einer orangegelben Färbung aller Gegenstände als vor und nach der Totalität der von ihnen beobachteten Finsterniss zwei Drittel der Sonne bedeckt waren. Bei weiter fortschreitender Finsterniss wurde die Färbung sogar roth. *Halley* dagegen bezeichnet 1715 das Aussehen des Himmels, als zehn Zwölftel der Sonne bedeckt waren, mit grüngelb, das einen Stich in Purpur gehabt habe. Ähnlich erschien *Böckmann* die Farbe des Himmels bei der ringförmigen Finsterniss vom 7ten September 1820. Der grünlich violette Ton „machte eine ganz andere Wirkung auf das Gemüth, als die gewöhnliche Dämmerung."

45. Im Jahre 1842 stimmen fast alle Beobachtungen in Frankreich und Italien dahin überein, dass einige Zeit vor dem Beginn der totalen Finsterniss die Gegenstände ein gelbgrünes (livide), bleiches, olivenfarbiges Ansehen gehabt haben. *De Hombres-Firmas* z. B. bemerkte, dass Blumen und röthliche Stoffe, ganz besonders aber die menschlichen Gesichter (welche überhaupt vielfach als Beobachtungsgegenstände benutzt worden sind) mit zunehmender Finsterniss viel blässer wurden, und sogar eine olivengraue Farbe annahmen. Nur die eine von *Beau* herrührende Angabe weicht hiervon ab. Derselbe befand sich zu Digne, und dort erschien ihm das Licht der theilweise verfinsterten Sonne gelb, dann orangefarben und kurz vor der Totalität sogar röthlich; während derselben bekamen jedoch die Gegenstände eine blasse und grünliche Färbung, vergleichbar derjenigen, welche sie durch Beleuchtung mit einer Flamme von Kochsalz haltendem Weingeist annehmen.

46. Ebenso lauten die Nachrichten von 1851. Gleich Anderen beobachtete auch ich an den Gesichtern der in unserem improvisirten Observatorium in Carlskrona anwesenden Personen einige Zeit vor der totalen Immersion eine auffallend bleiche Farbe. Dagegen wurde in der Nähe desselben, aber im Freien, an Papierstreifen, die mit verschiedenen Farben bemalt waren, eine Änderung nicht wahrgenommen. Derselbe Versuch mit demselben negativen Erfolg ist von *Lilienthal* in Rössel nach *Busch*'s Mittheilung angestellt. Nach dessen Beobachtung behielten auch verschiedene Blumen ihre eigenthümlichen Farben, wohingegen *Bobrik* in Tapiau erzählt, dass mehreren Personen auf den Gütern Kortmedien und Plauen rothe Rosen bläulich, und andere Blumen in verschiedenen Farben erschienen seien. Ganz besonders achtete *Lehmann* in Zoppot auf die Beleuchtung. Er fand sie orangefarben bei 6zölliger Verfinsterung, bei 9½zölliger dunkelgrau, bei 11zölliger entschieden orangefarben und in der letzten Minute weissgrün. Damit stimmt die Beobachtung von *Stockmann* in Leipzig, welcher den auf weisses Papier geworfenen Schatten eines Bleistiftes indigofarben erblickte. Das beweist aber, dass die Beleuchtung durch die dort noch freigebliebene ziemlich grosse Sonnensichel komplementär zu Indigo, also orangefarben gewesen sei.

47. Ganz analog sind die Mittheilungen aus Süd-Amerika über die Finsterniss von 1858. Auch dort bekamen vor Eintritt der Totalität auf den verschiedenen Stationen die menschlichen Gesichter ein kadaveröses Ansehen; der Himmel nahm eine ähnliche dunkelblaue Färbung an, wie er zwischen dem ersten und zweiten Dämmerungsbogen unter den Tropen zu haben pflegt und das Meer bekam eine gelbliche Färbung. Letzteres wurde besonders vom ersten Viertel der Verfinsterung an, sowie auch nach der Totalität bemerkt, wo der Schaum der Meereswellen schwefelgelb gefärbt war.

48. Einen guten Anhalt gewähren die Beobachtungen über die Farben entfernter Gegenstände, namentlich der Wolken, indem diese meist sich in einer andern Beleuchtung befinden, als die Beobachter selbst. Da ist schon 1842 darauf aufmerksam gemacht worden, dass namentlich die am Horizont gelagerten Dünste während der totalen Finsterniss rothes Licht reflektirten. *Taubert de Passa* sah von Perpignan aus einen roth- und orangefarbenen Streifen am Horizont; *Majocchi* beobachtete in Novara eine Rosa-Färbung bis zu 50° Höhe, gleich als ob ein Nordlicht erschienen wäre, und *Piola* berichtet von Lodi über eine kupferrothe Färbung gegen Norden und Süden bis zu einer Höhe von 15° und 20°, während bei weiterer Elevation sich jene Farbe in ein sehr düsteres violettartiges Azurblau schattirt habe.

49. Dieselben Beschreibungen widerholen sich 1851. *D'Abbadie* sah den Himmel düster blau, besonders aber am Horizont mit orangefarbenen Wolken gemischt. In Eger in Norwegen fiel nach dem Beginn der Totalität ein bleifarbener Schleier auf die leichten Wolken. In Florö sah *Irgens* den Himmel nach Norden hin braungelb, röthlich und dunkelviolett; in Kropp fielen *Good* nach Nord und Ost dunkle braune, orangefarbene, auch violette Tinten auf, während nach Süd und West, wo die Schattengränze näher lag, buntere Farben vorherrschten. *Van Galen* sah, wie unmittelbar nach dem Beginn der Dunkelheit eine dem Horizont nahe Schichtwolke westlich von der Venus, 3 Minuten lang mit einem wundervollen röthlich-violetten Lichte übergossen wurde. In Carlskrona ist kurz vor der Totalität eine blutrothe Färbung des Meeres für einen Moment gesehen worden, die wahrscheinlich von dem Reflex einer ähnlich gefärbten Wolke herrührte. In dem nahe da-

bei gelegenen Tromtö sah *von Wrede* den Nordhimmel roth gefärbt, so dass er an ein Nordlicht erinnert wurde. Ganz ähnliche Nachrichten wiederholen sich von der preussischen Linie. In Rixhöft, Kahlberg, Kranz und an vielen andern Orten sah man den blauen Himmel gelb und orange gegen den Horizont hin begrenzt u. s. f.

50. Erklärungen. Bei so verschiedenen und bisher noch in keiner Weise geordnet mitgetheilten Beobachtungen, liegt die Versuchung sehr nahe, die Kompetenz derselben in Zweifel zu ziehen und Manches mag sich auch wohl aus Zufälligkeiten oder subjektiven Gesichtserscheinungen erklären lassen. Schon *Arago* macht darauf aufmerksam, dass hierbei das subjektive Verhalten des Beobachters nicht genug in Betracht gezogen werden könne. Es ist konstatirt, dass der Farbensinn bei verschiedenen Personen sehr verschiedene Beschaffenheit besitzt, dass manche sogar Roth und Grün nicht zu unterscheiden vermögen. Dazu kommt, dass sogar sehr häufig beiden Augen ein und desselben Beobachters eine verschiedene Fähigkeit für Farbenerkenntniss inwohnt, wie z. B. das vorzugsweise benutzte Auge eines Astronomen oder Mikroskopikers alle Gegenstände rother erblickt, als das andere. Es dürfte nicht überflüssig sein, anzuführen, dass, wenn man eines der beiden Augen bei einer Untersuchung im blendenden Lichte (namentlich am frühen Morgen) angegriffen hat, dann diesem Auge erst alle Gegenstände in einem schönen purpurrothen, nach einiger Zeit der Ruhe aber in völlig gelbem Lichte erscheinen, während das andre ungeblendete Auge sie in ihrer natürlichen Beleuchtung erblickt. Bei Gelegenheit einer Sonnenfinsterniss dürfen aber wohl wenige Beobachter versichern können, dass sie in keinem Falle ohne verdunkelndes Glas der Sonnensichel einen Blick zugeworfen hätten. Dazu kommt das von *Busch* hervorgehobene Argument, dass bei einer gleichmässigen Beleuchtung mit gefärbtem Licht jeder Maassstab für diese Färbung fortfällt: es bedarf einer besondern Überlegung, will man das Kerzen- und Lampenlicht nicht für weiss erklären; die grünlichen Scheiben in der Behausung des Landmannes und die violetten luxuriöser Schaufenster werden kaum im Zimmer, nur von aussen als solche erkannt.

51. Doch möchte sich schwerlich Alles oben Mitgetheilte so

leicht beseitigen lassen. Vielmehr darf als durch die Beobachtungen konstatirt angesehen werden, dass das direct von der Sonnensichel kommende Licht je nach der Grösse der Phase anders gefärbt ist; dass dieses direkte Licht namentlich kurz vor und kurz nach der totalen Phase vorzugsweise dem minder brechbaren Theile des Spektrums angehört; dass aber das von nahen Gegenständen kurz vor, während und kurz nach der totalen Verfinsterung reflektirte Licht vorzugsweise dem blauen Theile des Spektrums zugewiesen werden muss; während entferntere Gegenstände, wie die am Horizont gelagerten Dünste rothes und gelbes Licht reflektiren.

52. Auch hier wie bei der Erklärung der Krone wird es nothwendig sein die von der Sonne ausgesandten Lichtwellen auf ihrem Wege zur Erde zu verfolgen, und die Veränderungen zu ermitteln die sie durch Gegenwart des Mondes dabei erleiden. Bedeutet zu dem Ende in Figur 2, ww_1 wiederum eine ebene Welle monochromatischen Lichtes, welches von einem sehr entfernten in der Richtung sa liegenden Punkte stammt, und wird ein Theil dieser Welle aufgefangen durch einen breiten Schirm tu, so beobachtet man bekanntlich auf einer entgegengestellten Fläche gk (die, der Einfachheit wegen, der Welle parallel, also zu sa senkrecht gedacht werden mag) eine Reihe von abwechselnd hellen und dunkeln Säumen, welche den bis a reichenden geometrischen Schatten auf der Seite ak umgeben. Von der bekannten Erklärung dieser Säume mag ausgegangen werden, um darzuthun, dass die vor und nach der totalen Finsterniss beobachteten Farben des direkten Sonnenlichtes aus den Principien der Diffraction abgeleitet werden können.

Fig. 2.

Wäre der Schirm tu nicht vorhanden, so würden alle Punkte der Fläche gk gleichmässig beleuchtet werden, es würde z. B. ein Punkt a von der Seite uw der Welle ebensoviel Licht bekommen, als von der Seite uw_1. Wird die Intensität des Lichtes,

welches von einer Seite dem Punkte a zugeführt wird, mit J bezeichnet, so ist die in ihm vorhandene Gesammtintensität gleich $2J$. Denken wir uns nun die eine Wellenhälfte uw wieder wie früher in solche Abtheilungen uu_1, $u_1 u_2 \ldots$ zerlegt, dass die von ihren Enden nach a sich bewegenden Strahlen immer um eine halbe Welle gegen die vorangehenden grösser werden, und bezeichnen wir die von jeder dieser Abtheilungen an sich ausgehende Lichtintensität wiederum mit ρ, σ, $\tau \ldots$, so ist sonach

$$J = \rho - \sigma + \tau - \upsilon + \ldots\ldots$$

Denken wir uns nun den Schirm ut wiederum an seinen Ort gestellt so empfängt der Punkt a in Folge der einseitigen Beleuchtung nur die Lichtintensität J. Betrachtet man aber Punkte a_1, $a_2 \ldots$, die so beschaffen sind, dass die vom Ende u des Schirmes nach demselben gezogenen Linien ua_1, $ua_2 \ldots$ immer um eine halbe Wellenlänge gegen die vorangehende grösser sind, und denkt man sich von diesen Punkten Parallelen zu au bis auf ww_1 gezogen, wie z. B. a_1, α_1, so lässt sich die Lichtstärke dieser einzelnen Punkte sehr leicht folgendermassen übersehen. Es wird nämlich a_1 beleuchtet von der ganzen Wellenhälfte $\alpha_1 w_1$, und ausserdem auch von dem Stück $\alpha_1 u$; da nun letzteres gleich uu_1, so ist die Intensität des Lichtes in a_1

$$= J + \rho.$$

Dieser Werth ist aber grösser als $2J$, denn von $J + \rho$ muss erst noch die stark convergirende Reihe $\sigma - \tau + \upsilon \ldots$ abgezogen werden, bis es so gross wird, als $2J$. Es ist also in a_1 die Lichtstärke sogar bedeutender, als wenn der Schirm ut gar nicht vorhanden wäre. An der Stelle a_2 begegnen wir wiederum einem Minimum der Lichtstärke. Dieselbe ist nämlich gegeben durch den Werth

$$J + \rho - \sigma.$$

Da zu diesem Werth noch die stark convergirende Reihe $\tau - \upsilon + \ldots$ addirt werden muss, bis er die Grösse $2J$, d. i. den Werth für die Lichtstärke ohne Schirm erreicht, so ist er offenbar kleiner als $2J$. Der Ausdruck für den Punkt a_3

$$J + \rho - \sigma + \tau$$

zeigt an, dass daselbst wieder ein Maximum des Lichtes vorhanden ist, welchem ein Maximum in a_4 u. s. w. folgt.

53. Nach diesen Anschauungen lassen sich unschwer die Abstände der einzelnen Maxima und Minima für die bekannten Wellenlängen der verschiedenen Farben und für gegebene Entfernungen zwischen opakem Körper und Schirm berechnen, sowie auch die Werthe jener Maxima und Minima danach ermittelt werden können. *Fresnel* zeigt jedoch in seiner klassischen Abhandlung „über die Diffraction des Lichtes" u. A. in *Poggendorff*'s Annalen, Bd. 30, S. 100 (1836), dass sich genauere Zahlen ergeben, wenn man eine allgemeine Formel für die Resultirende aller Einwirkungen der in $w w_1$ stattfindenden Gleichgewichtsstörungen auf irgend ein Aethertheilchen in der Fläche $g k$ entwickelt, und darans Werth und Abstand der Maxima und Minima von der geometrischen Schattengrenze ableitet. In der zweiten Columne der folgenden Tabelle sind nun für die in der ersten rubricirten Stellen die von *Fresnel* gefundenen Intensitätswerthe verzeichnet. Dabei ist die Intensität des beliebigen monochromatischen Lichtes ohne Gegenwart des Schirmes, also $2J = 2$ gesetzt worden. Die dritte Columne enthält die Werthe n für die Abstände der Mitten zwischen je einem Maximum und einem Minimum von der geometrischen Schattengrenze für die Einheit der Wellenlänge und die Einheit der Abstände zwischen leuchtendem Punkt und opakem Körper, sowie zwischen letzterem und dem auffangenden Schirm. Und hieraus ergeben sich ohne Weiteres die Breiten μ der je ein Maximum oder Minimum enthaltenden Abtheilungen, welche in der vierten Columne verzeichnet sind.

		Intensitätswerthe	Abstände n	Breiten μ
Erstes	Maximum	2,7413	1,5449	1,5449
„	Minimum	1,5570	2,1087	0,5638
Zweites	Maximum	2,3990	2,5420	0,4333
„	Minimum	1,6867	2,9101	0,3681
Drittes	Maximum	2,3022	3,2366	0,3265
„	Minimum	1,7440	3,5327	0,2961
Viertes	Maximnm	2,2523	3,8057	0,2730
„	Minimum	1,7783	4,0602	2,2545
Fünftes	Maximum	2,2206	4,2992	0,6394
„	Minimum	1,8014	4,5264	0,2268

	Intensitätswerthe	Abstände n	Breiten μ
Sechstes Maximum	2,1985	4,7424	0,2160
„ Minimum	1,8185	4,9489	0,2065
Siebentes Maximum	2,1818	5,1471	0,1982
„ Minimum	1,8317	5,3413	0,1942

Aus diesen relativen Breiten μ der einzelnen Abtheilungen finden sich dann wirkliche Breiten m für die Wellen λ verschiedener monochromatischer Lichtarten nach der Formel

$$m = \mu \sqrt{\frac{(a+b)\ b\lambda}{2a}},$$

wo a den Abstand des leuchtenden Punktes vom opaken Körper und b den Abstand des letzteren von dem auffangenden Schirm bedeutet. Um hiernach die Lichtmenge zu finden, welche in jeder dieser Abtheilungen enthalten ist, dürfte es für das Folgende genau genug sein, wenn man die Breite m dieser Abtheilung multiplicirt mit dem ihr zukommenden Werthe für die grösste oder geringste Intensität. Im einen Falle wird dann die Lichtmenge etwas zu gross gefunden, im andern etwas zu klein. Doch gleicht sich das für das Endergebniss wieder so gut als gänzlich aus.

54. Soll diese Rechnung ausgeführt werden für die verschiedenen Lichtmaxima und Minima, welche den von einem einzelnen Punkte der Sonne gebildeten geometrischen Schatten des Mondes auf der Erde umgeben, so wäre a = dem Abstand zwischen Sonne und Mond oder = 155460710000 Meter, b = dem Abstand des Mondes von der Erde oder = 363290000 Meter, und λ wäre der Wellenlänge derjenigen Farbe gleichzusetzen, welche man von jenem weissleuchtenden Sonnenpunkt in Rechnung ziehen will. Für die verschiedenen *Fraunhofer*'schen Linien *B*, *C*, *D*, ... haben nun, in Millimetern ausgedrückt, die Wellen eine Länge, welche in den Ueberschriften der einzelnen Columnen der folgenden Tabelle unter λ_B, λ_C, λ_D .... verzeichnet sind. Die Columne selbst enthält aber die durch die angegebenen Rechnungen gefundenen Lichtmengen für die 14 Abtheilungen der vorigen Tabelle und für die in den Ueberschriften verzeichneten Wellenlängen.

	$\lambda_B =$ 0,0006897	$\lambda_C =$ 0,0006559	$\lambda_D =$ 0,0005888	$\lambda_E =$ 0,0005265	$\lambda_F =$ 0,0004856	$\lambda_G =$ 0,0004296	$\lambda_H =$ 0,0003963
1	47,4576	46,2801	43,8490	41,4643	39,8231	37,4548	35,9739
2	9,8370	9,5929	9,0890	8,5947	8,2541	7,7636	7,7567
3	11,6484	11,3594	10,7627	10,4147	9,7741	9,1933	8,8298
4	6,9575	6,7849	6,4284	6,0788	5,8380	5,4910	5,2739
5	8,4231	8,2142	7,7827	7,3594	7,0678	6,6478	6,3849
6	5,7867	5,6432	5,3467	5,0561	4,8556	4,5670	4,3865
7	6,8903	6,3664	6,3664	6,0201	5,7816	5,4380	5,2230
8	5,0716	4,9457	4,6859	4,4311	4,2555	4,0026	3,8444
9	5,9572	5,8094	5,5042	5,2049	4,9986	4,7016	4,5157
10	4,5783	4,4647	4,2301	4,0001	3,8416	3,6133	3,4704
11	5,3214	5,1894	4,9168	4,6494	4,4652	4,1998	4,0338
12	4,2081	4,1037	3,8881	3,6766	3,5309	3,3211	3,1898
13	4,8458	4,7256	4,4774	4,2339	4,0661	4,8245	3,6732
14	3,9861	3,8872	3,6830	3,4827	3,3440	3,1460	3,0216

55. Bisher betrachteten wir die Wirkung nur eines in der Richtung as liegenden Sonnenpunktes auf verschiedene Orte a, a_1, a_2.... der Erdoberfläche. Fragen wir aber nach dem Gesammteffekt auf einem dieser Orte, etwa a_5, wenn sich von s aus eine stetige Reihe von Sonnenpunkten nach links erstreckt. Ist nun $a_5 s'$ eine grade Linie, so wird der Ort a_5 offenbar von s' durch den letzten an dem Mondrand bei u vorbeistreifenden Lichtstrahl getroffen und empfängt von diesem dieselbe Wirkung wie a von dem Punkte s. In gleicher Weise lässt sich übersehen, dass sich dieser Ort a_5 gegenüber allen zwischen s und s' liegenden Punkten verhält, wie alle zwischen a und a_5 liegenden Orte sich verhalten gegenüber dem Sonnenpunkte s. Da nun sonach die Lichtmenge, welche der Ort a_5 erhält von der ganzen Reihe von Sonnenpunkten zwischen s und s', gleich ist der Summe der Lichtmengen, welche der erste Punkt s aussendet auf den ganzen Raum aa_5 zwischen dem betrachteten Ort und der Grenze des Kernschattens, so hat man, um jene zu ermitteln, nur nöthig zu berechnen, wie viele ganze und Bruchtheile von Abtheilungen auf den gegebenen Raum aa_5 für die in Rede stehende Wellenlänge gehen, und dann die in der zweiten Tabelle enthaltenen Lichtmengen für die gefundene Abtheilungszahl zu addiren.

Nun hat diese Rechnung zunächst die Bedeutung, zu ermitteln, ob und wie sich das von dem betrachteten Complex von Sonnenpunkten kommende weisse Licht verändert, wenn es am Mondrande vorbeistreift und dann einen in gegebenem Abstand vom Kernschatten befindlichen Ort der Erde trifft. Es ist also nöthig, die Rechnung nach der vorstehenden Angabe für die verschiedenen Farben des weissen Lichtes auszuführen. Hat man nun gefunden, wieviel jener Abtheilungen für eine Farbe von der Wellenlänge λ auf den gegebenen Abstand gehen, so wird dadurch der zugehörige relative Abstand n bekannt. Und ist dieses der Fall, so ergiebt sich daraus der zu demselben absoluten Abstand gehörige relative Abstand n' für eine andere Farbe von der Wellenlänge λ', und somit aus der Tabelle die entsprechende Anzahl von Abtheilungen, indem

$$n' \sqrt{\frac{(a+b)\,b}{2a}\lambda'} = n \sqrt{\frac{(a+b)\,b}{2a}\lambda}$$

oder

$$n' = n \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}}$$

56. Hiernach mögen nun die Lichtmengen ermittelt werden, welche ein Ort a_n auf der Erde empfängt, der so weit von der Kernschattengrenze a absteht, dass auf den Raum aa_n grade 14 Abtheilungen, also 7 Maxima und Minima für Licht von der Wellenlänge λ_H gehen. Für Licht von der Wellenlänge λ_B würde dieser Raum eine Anzahl von Abtheilungen umfassen, deren $n = 4{,}0488$ wäre, oder 7 Abtheilungen und noch 0,2431 von der achten Abtheilung, deren relative Breite 0,2545 beträgt. Die Lichtmenge für diese Wellenlänge ist also gleich der Summe der 7 ersten Zahlen in der Kolumne λ_B der zweiten Tabelle vermehrt um $\frac{0{,}2431}{0{,}2545}$ von der achten Zahl, oder $97{,}0006 + 3{,}8480 = 100{,}8486$. Verfährt man ähnlich für die übrigen Wellenlängen, so ergiebt sich die folgende von selbst verständliche Zusammenstellung.

Für die Wellenlänge	ist $n =$	sonach ist die Lichtmenge gleich der von			
λ_B	4,0488	7 Abtheilungen	$+ 5{,}0716 \frac{0{,}2431}{0{,}2545}$	$=$	100,8486
λ_C	4,1518	8	= $+ 5{,}8094 \frac{0{,}0916}{0{,}2394}$	$=$	101,9852
λ_D	4,3820	9	= $+ 4{,}2301 \frac{0{,}0824}{0{,}2268}$	$=$	101,4515
λ_E	4,6340	10	= $+ 4{,}6494 \frac{0{,}1076}{0{,}2166}$	$=$	100,9403
λ_F	4,8252	11	= $+ 3{,}5309 \frac{0{,}0828}{0{,}2065}$	$=$	100,3710
λ_G	5,1301	12	= $+ 4{,}8245 \frac{0{,}1812}{0{,}1982}$	$=$	99,8803
λ_H	5,3413	14	= $+ 0$	$=$	99,2776

Wäre aber der Schirm nicht vorhanden und würde jede Stelle von einer jeden Farbe eine Lichtintensität $= 2$ erfahren, so würde der Ort a_n eine gleiche Menge Licht von allen Farben erhalten, die für jede einzelne nach einer einfachen Rechnung im vorliegenden Fall durch die Zahl

94,582

auszudrücken ist.

57. Es geht aber hieraus hervor, dass nicht allein der Ort a_n ausserhalb des geometrischen Kernschattens in Folge der Gegenwart des Mondes eine grössere Lichtmenge erhält, als er erhalten würde, wenn ihn eine gleiche Menge Sonnenpunkte bei Abwesenheit des Schirmes beschienen (so dass sich also die aufeinander

fallenden Lichtmaxima und Minima nicht gegenseitig ausgleichen), sondern dass auch in Folge der Gegenwart des Mondes die Farbenvertheilung eine wesentliche Änderung erleidet.

Berechnet man in ähnlicher Weise die Lichtmengen für einen andern Ort der Erde, der z. B. um nur 7 Abtheilungen des durch die Wellenlänge λ_H charakterisirten Lichtes von der geometrischen Kernschattengrenze absteht, so erhält man

für	die Zahlen
λ_B	75,4233
λ_C	75,2274
λ_D	75,1849
λ_E	75,0252
λ_F	74,0598
λ_G	73,5576
λ_H	73,5297

und die von jeder Farbe einer gleichen Anzahl von Sonnenpunkten auf denselben Ort einwirkende Lichtmenge würde bei Abwesenheit des Mondes nur

64,654

betragen. Auch diese Zahlen bestätigen das aus der vorigen Zahlenreihe Erschlossene. Es kommt aber noch dazu, dass hier sich die grösste Lichtmenge schon ganz in dem durch die Wellenlänge λ_B charakterisirten Roth vorfindet, während sie bei der vorigen Reihe noch im Gelb λ_C sich zeigte. Somit dürfte aber ein Erklärungsgrund gefunden sein, für das „Schwer zu Beschreibende" in der Beleuchtung kurz vor und kurz nach der totalen Finsterniss, welches bisweilen mit „zitterndem Licht" bezeichnet wurde, und sonach in einem raschen Farbenwechsel des von der Sonne direkt kommenden Lichtes besteht.

Noch immer haben wir blos eine Reihe von leuchtenden Punkten der Sonne betrachtet, welche in der Ebene der Figur 2 liegen. Es würde in dem Verhältniss der gewonnenen Zahlen sich nichts ändern, wenn wir statt eines jeden Punktes eine senkrecht auf der Ebene der Figur stehende Linie alle von derselben Höhe substituirten. In Wahrhsit ist aber der von einem beliebigen Punkt a_n aus gesehene Theil der Sonne ein Meniskus, es haben also die gegen s' liegenden Stellen einen grössern Werth als die gegen s liegenden. Ohne hierauf näher eingehen zu wollen, mag

nur bemerkt werden, dass daraus abermals eine Verschiedenheit in der Farbe des direkten Lichtes hervorgehen muss.

Auch mag das hier angeführte Beispiel nur dazu dienen, nachzuweisen, dass die von jedem einzelnen leuchtenden Punkt herrührenden und einen Schatten umgebenden Farbenstreifen durch ihr Übereinanderfallen bei Anwendung einer ausgedehnten Lichtquelle keineswegs zu reinem Weiss sich ergänzen, sondern, dass die resultirende Mischfarbe in Übereinstimmung mit den oben angeführten Beobachtungen und namentlich mit den prismatischen Untersuchungen *Kuhn*'s desto mehr dem rothen Ende des Spektrums angehört, je mehr man sich dem Kernschatten annähert.

58. Die hier durchgeführten Rechnungen beziehen sich gewissermassen nur auf den letzten Augenblick vor und auf den ersten nach der totalen Verfinsterung, da der in Betracht genommene Antheil der Sonnenscheibe nur einen Bruchtheil einer Bogensekunde beträgt. Zu einer umfassenden Lösung der Frage über die Farbenänderung des direkten Sonnenlichtes mit fortschreitender Verfinsterung würde es vielmehr nöthig sein, einen allgemeinen Ausdruck für diejenigen Theile der Sonnenscheibe zu entwickeln, welche bei der Bewegung des Mondes von Moment zu Moment bedeckt werden, diesen Ausdruck mit dem von *Fresnel* gegebenen allgemeinen Werth für die Intensität des Lichtes ausserhalb der geometrischen Schattengrenze zu multipliciren, und den so gefundenen Ausdruck für den freien Theil der Sonnenscheibe zu integriren. Eine zahlenmässige Darstellung der hiernach entwickelten Formel für die verschiedenen im weissen Licht enthaltenen Farben führt alsdann zu einem Vergleich ihrer Mengen, in welchen sie das resultirende Licht zusammensetzen, mit den Bestandtheilen des rein weissen Lichtes. Es ist nicht zu zweifeln, dass hieraus die beobachteten Erscheinungen sich vollständig erklären würden.

59. Noch immer bleibt der Einwand übrig, dass man die Farbensäume um dem Schatten opaker Gegenstände nur sieht, wenn sie objektiv auf einem Schirm dargestellt werden, nicht aber, wenn man statt der Stellen des Schirmes, wo sich die Streifen abbilden, das Auge substituirt. Hier dagegen sollen die bei der partiellen Verfinsterung subjektiv wahrgenommenen Farben erklärt werden aus der objektiven Darstellung derselben, bei welchen der auffangende Schirm durch die Erdoberfläche gebildet

wird. Dieser Gegenstand mag ausführlicher bei der Erklärung der Protuberanzen erörtert werden. Hier mag nur Folgendes Platz finden. Die im Laboratorium dargestellten Farbensäume sind nämlich in der Regel schmäler als die Pupille des Auges, diese lässt somit mehre derselben eindringen, welche sich zu einer dem Weiss annähernden Mischfarbe auf der Netzhaut vereinigen. Dazu kommt, dass unter diesen Umständen das Auge nicht vor den blendenden Umgebungen geschützt werden kann, in denen die schwachen farbigen Säume verschwinden. Vor Allem braucht aber bei so beträchtlicher Winkelverschiedenheit der interferirenden Strahlen, wie sie im Laboratorium angewandt werden muss, die Interferenz nicht auch auf der Netzhaut des Auges vor sich zu gehen und dort die Farbensäume zu erzeugen, die sie auf dem Schirm darstellte, der an ihrer Stelle stand. Während man sich bei künstlicher Darstellung der Schattensäume begnügt, wenn diese eine Breite von einem Bruchtheil eines Millimeter besitzen, beträgt unter den angegebenen Umständen z. B. die Breite des ersten Streifens für Roth mehr als 17 Meter.

60. Doch ganz anders, wie die Farben des direkten Sonnenlichtes, verhalten sich die von näheren oder entfernteren Gegenständen reflektirten Farben. Dort wurden vorzugsweise die minder brechbaren Strahlen beobachtet, hier dagegen bisweilen diese, bisweilen, und namentlich bei nahen Gegenständen, grade die brechbareren Strahlen. Diese zu erklären, muss daran erinnert werden, dass das Sonnenlicht nicht allein auf direktem Wege die Erdoberfläche beleuchtet, sondern dass es eben so gut auch auf die Lufttheilchen fällt und nach ein- oder mehrfachem Reflex einem von diesen erst zur Beleuchtung anderer Objekte dient. Dieses letztere Licht ist aber bekanntlich um so mehr blau, je öfter es von Lufttheilchen reflektirt worden ist. Unter gewöhnlichen Umständen ist es zu schwach, um nicht von dem direkten Sonnenlicht vollständig überwogen zu werden. Schwächt sich aber letzteres mit fortschreitender Finsterniss in der Nähe des Kernschattens mehr und mehr ab, so kommt der Einfluss des vom ganzen Luftkreis reflektirten Lichtes seinerseits zur Geltung, und giebt den Gegenständen die vielfach geschilderte Färbung, in welcher Blau überwiegt. Während der totalen Finsterniss selbst erreicht dieser Einfluss seinen grössten Werth, daher hier die

ungewöhnlichen Färbungen am stärksten hervortreten. Das roth oder gelb gefärbte Licht der Krone tritt aber vollständig zurück gegen das vom übrigen Himmelsgewölbe kommende. Denn wie wir sehen, ist es nicht stark genug, einen Schatten zu werfen, es ist also nicht wesentlich intensiver als das von anderen Stellen des Himmels kommende Licht. Und dann ist die Fläche der Krone sehr klein im Verhältniss zur übrigen Himmelsfläche.

Entfernte Gegenstände, wie die Wolken oder die am Horizont gelagerten Dünste können sich aber noch immer unter überwiegendem Einfluss des direkten Sonnenlichtes befinden, und somit die von diesen herrührende rothe oder gelbe Farbe reflektiren, die dem Auge des im Schatten befindlichen Beobachters durch den Kontrast noch intensiver erscheint.

61. Das letzte Argument hat *Arago* allein herangezogen, um dadurch die Farbenerscheinungen vor, während und nach der totalen Verfinsterung zu erklären. Die vorstehenden Erörterungen weisen nach, dass es nur einen Theil, keineswegs aber alle erklärt. — In meiner frühern Abhandlung über diese Gegenstände hatte ich dagegen dem ersteren Argument, veranlasst durch einen Versuch, dessen Richtigkeit ich zwar keinen Grund habe in Zweifel zu ziehen, eine einseitige Deutung gegeben, und war desswegen ebenfalls ausser Stande, alle Beobachtungen erklären zu können. Die hier mitgetheilten Rechnungen haben mich von der Fehlerhaftigkeit der dortigen Herleitungen überzeugt.

62. Schattenstreifen unmittelbar vor und nach der Totalität. Hier muss noch eine Erscheinung behandelt werden, welche 1842 zuerst, aber schon damals an verschiedenen Stellen beobachtet und bei späteren Finsternissen bestätigt wurde. *Arago* hatte nämlich eine neue Theorie von der Scintillation oder dem Funkeln der Sterne gegeben. Er erklärte dasselbe dadurch, dass die von einem leuchtenden Punkte kommenden und gleichzeitig in das Auge dringenden Lichtstrahlen nicht alle auf ihrem Wege durch die Atmosphäre genau dieselben Bedingungen zur Fortpflanzung antreffen, wie solches durch Temperatur-Unterschiede benachbarter Lufttheilchen, auch wohl durch Eisnadeln u. s. f. der Fall sein muss. Daraus geht aber hervor, dass häufig eine Verzögerung eines Strahles gegen einen andern um eine ungrade Anzahl mit einer Verzögerung von einer graden Anzahl halber

Wellenlängen wechseln wird. Im ersten Falle wird nun die Einwirkung auf die Netzhaut des Auges nach bekannten Gesetzen vermindert, im letzteren vermehrt, und somit scheint der Stern in raschem Wechsel schwächer zu leuchten und stärker wieder aufzuflammen. Da das Gesagte aber in aller Strenge nur für die einzelnen Farben des weissen Lichtes gleichzeitig gilt, welche der Stern entsendet, so besteht jener Intensitäts-Wechsel wesentlich nur in einer raschen Änderung der Farbe von dem zum Auge kommenden Licht. Diese Erscheinung tritt nun für jeden einzelnen leuchtenden Punkt hervor, der einen Strahlenkegel durch die Luft nach der Pupille des Auges sendet. Als solche Punkte lassen sich die Fixsterne betrachten oder die kleinen Sonnenbildchen in stark gewölbten Spiegeln und hinter Linsen von kurzer Brennweite oder der elektrische Lichtpunkt zwischen Kohlenspitzen u. s. w. Hat aber die Lichtquelle eine merkliche Ausdehnung, dann trifft voraussichtlich das Licht-Maximum irgend eines einzelnen Punktes mit dem Minimum irgend eines der unendlich vielen benachbarten zusammen, und somit kompensiren sie im Allgemeinen gegenseitig ihre Scintillationen. Aber auch in diesem Falle lässt sich das Funkeln beobachten und namentlich gehört hierher das Wallen des Sonnenrandes und die eigenthümliche Unruhe, welche man auf weissen Wänden fast stets bemerkt, wenn sie bei ganz wolkenfreiem Himmel von der Sonne gleichmässig beleuchtet werden.

63. Die letztbezeichnete Thatsache war es, welche *Arago* kurz vor der Beobachtung der Finsterniss von 1842 zu Perpignan zu Sinne kam. Und mit der Ueberlegung, dass „jene Wirkungen um so häufiger sein und die Erscheinung um so deutlicher hervortreten müssten, je kleiner der scheinbare Durchmesser des sichtbaren Sonnensegmentes sei“, sowie, dass an der Grenze des Mondschattenkegels der Temperatur-Unterschied auf die atmosphärische Luft vom wirksamsten Einfluss sein müsste: veranlasste er mehrere seiner Mitarbeiter, ihre Aufmerksamkeit unmittelbar vor und nach der totalen Verfinsterung auf eine dem Sonnenlichte ausgesetzte weisse Mauer zu heften. Die Vermuthung bestätigte sich: *Fauvelle* „sah im Augenblick, als die Sonnenfinsterniss sich in eine totale verwandeln sollte, die letzten Strahlen auf der weissen Mauer eines militärischen Etablissements heftig und ge-

schwind unduliren. Die Wirkung konnte verglichen werden mit dem, was man beobachtet, wenn das Sonnenlicht auf eine Mauer oder auf einen Plafond fällt, nachdem es von der Oberfläche eines unruhigen Wassers zurückgeworfen worden ist. Dasselbe Phänomen zeigte sich wieder im Augenblick des Austrittes der Sonne; die anfänglich starken Undulationen wurden stufenweise schwächer und verschwanden nach Verlauf von 5—6 Sekunden ganz."

Dieselbe Erscheinung ist in Seyne bei Digne von *Savournin* beobachtet worden. Dort waren die Flecke sogar farbig — roth, gelb, blau, weiss — und die Kinder liefen nach ihnen, um sie mit den Händen zu greifen. Von „Undulationen in der Luft, welche der Richtung des Windes folgten", schreibt *Attenoux* an *Arago*. Mit den wellenförmig bewegten Falten eines grossen Vorhangs vergleicht *Hombres-Firmas* die Erscheinung. In Toulon, Montpellier, Narbonne ist Ähnliches gesehen worden.

Die Berichte über die Finsterniss von 1851 verbreiten sich ebenfalls wiederholt über die in Rede stehende Erscheinung. In Frederiksværn wurde sie von *d'Abbadie* 7 Sekunden lang nach dem Wiederaustritt der Sonne gesehen. *Thiel* in Neumühl bei Rastenburg beobachtete die Erscheinung an einer zu dem Zweck weiss angestrichenen Wand und vergleicht sie mit der Bewegung von Speichen eines grossen Rades, dessen Axe sich am Boden befand. Ganz ähnlich wurde die Erscheinung von einigen Personen geschildert, denen dieselbe auf einer Chaussee und der umgebenden Ebene entgegentrat. Aus Kranz, Rössel, Insterburg, Königsberg, Danzig berichtet man ebenfalls von jenen Schattenstreifen vor und nach der Totalität.

64. Von ganz besonderem Interesse ist aber der Nachweis *Dufour*'s, dass die hier ausführlicher behandelte Erscheinung nicht auschliessliches Privilegium der totalen Sonnenfinsternisse im engeren Sinne ist. Er theilte nämlich auf der Schweizerischen Naturforscher-Versammlung vom Jahre 1852 *) mit, dass, als er am 19ten Januar d. J. die hinter den Berner Alpen aufgehende Sonne betrachtet habe, im Moment vom Hervorbrechen des ersten

*) Bibl. univ. de Genève, archiv des sc. phys. et nat., T. 21, p. 193 (1852). *Poggendorff*'s Annalen 89,423 (1853). — Auch *Tschertschorke* in: Halle'sche Zeitschr. für Naturw., Aug. und Sept. 1853, S. 110.

Strahles auf dem Boden seines Zimmers, während 1 bis 2 Sekunden eine Art abwechselnd heller und dunkler Lichtwellen sich bewegt haben. Später ist es ihm geglückt, diese Licht-Undulationen auch dann wiederholt zu betrachten, wenn die Sonne über der Ebene aufging. Doch ist jedenfalls ein Hervortreten der Sonne hinter hohen Bergen günstiger, indem dann der Bergschatten gleich dem Mondschatten eine scharfe Grenze für Temperatur-Differenzen in der Luft darbietet und die Erscheinung weniger getrübt wird durch zerstreutes Nebenlicht, wie es die dichteren horizontalen Luftschichten bewirken.

(Fortsetzung im ersten Heft des zweiten Bandes.)

Zeitschrift

für

populäre Mittheilungen

aus dem

Gebiete der Astronomie und verwandter Wissenschaften.

Herausgegeben

von

Professor Dr. *C. A. F. Peters,*
Director der Sternwarte in Altona.

Zweiter Band.

Mit zwei lithograph. Figuren-Tafeln.

ALTONA,
Buchdruckerei von Hammerich & Lesser.

1863.

Inhalt des zweiten Bandes.

Von jetzt an wird jeder Druckbogen dieser Zeitschrift mit 1 Frd'or honorirt.

Über physikalische Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen

von

Dr. Frh. von Feilitzsch,
Professor in Greifswald.

(Fortsetzung von Band 1, Heft 4.)

III. Die Strahlen der Krone.

65. Nicht minder wichtig, als die übrigen optischen Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen sind die an der Krone vielfach beobachteten eigenthümlichen Ausstrahlungen, obschon man denselben nur eine ziemlich geringere Aufmerksamkeit zugewandt hat. Es möge versucht werden, aus den mir zustehenden Beschreibungen ein Bild von dieser Klasse von Erscheinungen zu entwerfen. Im Allgemeinen kommen die Schilderungen dahin überein, dass der dem Mondrand zunächst liegende Theil des Lichtringes eine gleichförmige Intensität zeigt, der entferntere Theil aber häufig aus helleren und weniger hellen Stellen besteht, welche meist in der Richtung der Mondradien und in geringer Breite verlaufen, bisweilen aber auch eine schiefe, sogar gekrümmte und gegen den Mondrand zurückgebogene Gestalt annehmen und welche sich an einzelnen Stellen um mehr als eine Mondbreite von dessen Rand entfernen.

66. Sehr grosse Verschiedenheiten bieten nun die Detailbeschreibungen der einzelnen Beobachter dar. So sah 1842 *Arago* in Perpignan mit freiem Auge an einer Stelle der Krone einen „grossen lichten Fleck, der aus in einander geschlungenen Strahlen gebildet war", vergleichbar einem verwirrten Fadenstrang. Einen ähnlichen Vergleich braucht *Peytal* bei der Beschreibung des in Montpellier wahrscheinlich an derselben Stelle der Krone Gesehenen. Ihm „scheinen die Strahlen in einander verflochten, wie die Fäden bei einem Bündel gehechelten Hanf's." Im Mittel waren diese Strahlen fast parallel zum Mondrand. Ebenso sahen

Mayette und *Dalbiez* in Perpignan viele Strahlen, die nicht zum Mondrand senkrecht standen. Sogar krummlinige Strahlen wurden von *Vilaseca* beobachtet. Von besonders weit sich erstreckenden Lichtbüscheln wurden in Perpignan zwei bemerkt, welche die Ein- und Austrittsstelle der Sonne bezeichneten und welche Einigen parabolisch begrenzt, Andern zugespitzt erschienen. Vielleicht sind das dieselben Lichtbüschel, welche sich nach *Pinaud* und *Boisgiraud* in Narbonne einerseits als krummlinige, divergirende Strahlen darstellten, die einen Raum von geringerer Lichtstärke einfassten, als die der Krone, anderseits als ein konvergirender Strahlenbüschel von grösserer Lichtstärke als seine Umgebung. In Montpellier beobachtete *Petit* vier Büschel, von denen zwei etwa die Position der vorbeschriebenen haben mochten, während die beiden anderen um bald 90° davon entfernt waren und einander ebenfalls diametral gegenüber standen. Von Toulon aus wurden *Arago* drei wesentlich von einander verschiedene Zeichnungen zugesandt. Auf la Superga und in Pavia beobachteten *Airy* und *Baily* nur einen gleichmässigen Verlauf der Krone, wogegen in Mailand die oben beschriebenen Büschel von *Majocchi* ebenfalls gesehen wurden; der obere war aber dergestalt nach rechts gekrümmt, dass „seine verlängerten Strahlen nicht nach dem Mittelpunkt der Sonne verlaufen, sondern nach der Linken hin ein Drittel des Gestirnes abgeschnitten haben würden.“

67. Über die Krone von 1850 sagt *Kutczycki*, sie sei überall durchfurcht gewesen in einer zum Mondrand normalen Richtung von dunklern Linien, mehr aber auf der westlichen, als auf der Ostseite des Trabanten. Das Ganze war so vollkommen unbeweglich, dass eine der schattigen Linien, die mehr als die andere hervortrat, im ganzen Verlauf der Erscheinung nicht aufhörte, sich von einem und demselben Punkte am westlichen Rande des Mondes zu erheben. Und dieser Punkt war kenntlich durch eine kleine Unebenheit, die einzige, welche mit der Vergrösserung des benutzten Fernrohrs sichtbar wurde. In vertikaler Richtung breiteten sich die beiden längsten Arme aus; andere waren rechts und links, sowie auf der unteren Seite. Seit dem Beginn der Totalität — fügt der Beobachter hinzu — war der obere Arm wahrnehmbar viel länger als der untere; das Gegentheil hätte aber stattfinden müssen, wenn der

Grund in der Excentricität des Mondes hätte gefunden werden sollen; der Unterschied war überdem viel grösser, als dass er durch die Excentricität erklärt werden könne, wenn er auch in dem nach dieser Hypothese geforderten Sinne stattgefunden haben würde.

68. Die über 1851 vorliegenden Beobachtungen mögen ihrem wesentlichen Inhalt nach ebenfalls in derjenigen Reihenfolge vorgeführt werden, in welcher sie der Zeit nach angestellt wurden. In Florö sind nur Strahlen in der Länge von $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{12}$ Monddurchmesser gesehen worden; in Frederiksværn wurden von *d'Abbadie* nur gegen das Zenith, sowie an dem unteren Theile der Krone Strahlen gesehen, welche verdreht (contournés) zu sein schienen. Die von *Good* gegebene Zeichnung weist ebenfalls keine besonderen Strahlenbüschel nach; auch soll die Krone in Kropp sehr unveränderlich erschienen sein. Auf Christiansö sah dagegen *Ravn* ziemlich breite gradlinige Strahlen zum Theil über den Rand der Krone hinausgehen, welche wesentlich mit ihr von gleicher Farbe waren. Nach der Abhandlung *Ragona-Scina*'s erschien in Rixhöft der dem Mondrande nächste und leuchtendste Theil der Krone als eine Reihe unmittelbar neben einander liegender Dreiecke, deren Scheitel man sehr wohl unterschied und deren Grundlinien durch den Mondrand gebildet waren. Auf dem südlichen Mondrande fasste jede Grundlinie zwischen 3'9 und 4'6. Nahe am Verschwindungspunkt der Sonne zeigten sich viele breite, einander nahe parallele, grade lineare Strahlen von grösserer Lichtstärke als die Krone. *Feurnley* bezeichnet dieselben mit pinselförmig, schätzt sie eine Minute hoch und giebt ihnen eine Anfangs weisse, dann schwachrothe Färbung. Nach der Mitte der totalen Finsterniss waren sie vollkommen verschwunden. Ganz Ähnliches muss *v. Parpart* in Storlus an der „Randgegend des Mondes, hinter welcher die Sonne wieder erschien" beobachtet haben; denn in der davon mitgetheilten Zeichnung sind zwei Mondrandberge mit divergirenden Strahlen umgeben, wie man solches häufig auf Darstellungen der auf- und untergehenden Sonne sieht. In Danzig erschienen sehr unveränderliche Strahlen; in Rutzau bemerkte *Anger* eine Stelle gegen NO., in der die Strahlen eine auffallend schräge Richtung hatten und eine blassrosae Färbung zeigten. In Zoppot wurden 12—14 Strahlen von

der Grösse des Mondhalbmessers bemerkt, die unter gleichen Winkeln gegen einander geneigt waren. In Königsberg zeigten dagegen die Strahlen eine unregelmässige Vertheilung und erschienen äusserst verschieden in Länge und Breite. In Lomsa bemerkte *Struve* gar keine längeren Ausstrahlungen, während er 1842 in Lipezk Strahlen von 3° bis 5° Ausdehnung bemerkt hatte.

69. Fast ausschliesslich auf die Gestalt der Krone verwandte *Billerbeck*, Mitbeobachter *Schmidt*'s in Rastenburg, seine Aufmerksamkeit, wesswegen dessen Mittheilungen besondere Beachtung verdienen. Aus fünf von ihm gegebenen Zeichnungen müssen wir entnehmen, dass das Auftreten und die Ausdehnung der lichten Strahlen beträchtlichen Veränderungen unterworfen gewesen sei. Die erste derselben giebt ein gleichmässiges Verlaufen des Lichtscheines in des Himmels Dunkel zu erkennen. Im zweiten Stadium hatten sich ausser kleineren, unter einander gleich langen, auch noch 5 grössere radiale Ausstrahlungen gebildet, eine besonders grosse, nach NW.; zwei ähnliche, nach SW. und zwei kleinere, nach SO. und ONO. gerichtet. Im dritten Stadium sind die auf der Ostseite befindlichen, sowie eine der beiden südwestlichen verschwunden; die westliche ist aber kleiner geworden. Die vierte und fünfte Zeichnung gaben die kleineren Ausstrahlungen viel deutlicher, als die früheren; die grösseren Strahlen sind aber in ersterer verschwunden, während die zwei südwestlichen auf der letzten Zeichnung wieder kräftig hervortreten.

70. Diese allmälig von Statten gehenden Veränderungen erklären vor Allem die verschiedenen Angaben verschiedener Beobachter, ja sogar solcher, welche an demselben Orte versammelt waren: denn sie theilen im Allgemeinen mit, was sie nach einander, nicht was sie gleichzeitig sahen. Werden aber die von verschiedenen Beobachtern gemachten Angaben in einem einzigen Bilde zusammengestellt, wie solches für die Sonnenfinsterniss von 1858 geschehen ist,*) so gewinnt die Zeichnung allerdings ein etwas gemischtes Ansehen und hält ohne jene Einschränkung einen Vergleich mit andern Darstellungen nicht aus. Immerhin verdanken wir aber der brasilianischen Kommissiou höchst schätzbare Angaben. Wir entnehmen daraus, dass vier verschiedene dreieckige

*) Astron. Nachr. No. 1170—1171.

Strahlenbüschel gesehen wurden. Imgleichen trat nach Osten eine lange, parabolisch begrenzte Ausstrahlung hervor, und in dieselbe erstreckte sich die Spitze eines fünften dreieckigen Strahlenbündels mit stark gekrümmter Axe, dessen Basis wie nach N. hin den Mondrand berührte. 7 bis 8 Sekunden nach Beginn der Totalität heftete *Liais* seine Aufmerksamkeit während etwa 15 bts 20 Sekunden auf dieses Bündel, und konnte bemerken, wie es gleich einer in seiner Nachbarschaft befindlichen Protuberanz nach Massgabe des Fortrückens vom Monde sich gegen denselben verkürzte.

71. Fassen wir das Wesentlichste der gemachten Erfahrungen nochmals zusammen, so möchte es in Folgendem bestehen: Man sieht bei totalen Sonnenfinsternissen in der Umgebung des Doppelgestirns ausser dem gleichförmig gegen das Himmelsdunkel abblassenden Lichtsaum der Krone meistentheils noch langgestreckte Lichtstellen, welche bisweilen die Krone überragen, selten aber bis zum dunklen Rand des Mondes reichen. Sie werden nicht bei allen Sonnenfinsternissen und nicht an allen Orten, von denen man dieselbe Finsterniss beobachtet, in gleicher Weise gesehen. Sie verändern sich während der Beobachtungs-Zeit an einem und demselben Orte, so dass sie je nach Ort und Zeit bisweilen vorhanden sind, bisweilen fehlen. Diese Strahlen sind stets heller, als der umgebende Himmelsraum, meist sind sie auch lichtstärker, als die benachbarte Krone, bisweilen jedoch markiren sie sich durch eine gegen die Krone geringere Intensität. In der Regel stehen diese strahlenförmigen Lichtstellen senkrecht auf den Mondrand, bisweilon sind sie aber auch gegen ihn geneigt.

72. Theoretisches. Die hier aufgezählten wesentlichen Merkmale sind dieselben, welche auch den Ausstrahlungen zukommen, die man häufig an einzelnen dichteren Wolken beobachtet, wenn solche vor der Morgen- und Abendsonne stehen. So einfach sich auch der Entstehungsgrund von diesen nachweisen lässt, so dürfte derselbe doch wenigstens nicht ohne Weiteres auf die Erklärung der divergirenden Strahlen bei Sonnenfinsternissen übertragen werden. Vielmehr ist es wieder die Beugung des Lichtes, welche eine genügende Erklärung giebt; denn die durch Beobachtungen konstatirten raschen Veränderungen der Erscheinung schneiden alle und jede Annahme eines ausführlichen materiellen Substrates vollkommen ab. Die Ausstrahlungen der Krone

rühren her von dem Schatten grösserer Berge, welche den Mondrand überragen. Es bedarf immerhin eines ziemlich stark vergrössernden Fernrohrs, um überhaupt die Mondrandberge zu erkennen, so dass sie an sich dem unbewaffneten Auge wenigstens entschwinden. Da es aber nachgewiesen ist, dass einzelne Mondrandberge sogar eine Höhe von 25000′ erreichen, so mögen wegen des Folgenden grössere Berge unterschieden werden von solchen, die ein paar Hundert Fuss nicht überschreiten. Von plötzlichen Thaleinschnitten am Mondrande wollen wir absehen, da meines Wissens deren Existenz, wenn schon wahrscheinlich, doch durch entschiedene Beobachtungen noch nicht sicher gestellt ist.

73. Denken wir uns nun einen derartigen regelmässig geformten Berg sich etwa in der Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks gegen den Himmel projiziren. Von den Abhängen des Berges wird nun Licht nicht allein in das Innere seines Schattens gebeugt, sondern auch in das Innere des Mondschattens. Von jeder Stelle trifft somit ein Strahl das Auge des Beobachters direkt, und es entwickelt sich demgemäss streng genommen auf dessen Netzhaut ein hellgesäumtes Bild des dunklen Berges.*) Der Eindruck wird aber wegen der zu geringen Winkeldimensionen nicht gesondert wahrgenommen, sondern verschwindet im umgebenden Glanze der Krone. Fast denselben Bedingungen, wie der Beobachter, unterliegen aber alle Theilchen der atmosphärischen Luft, welche nach oben, rechts und links, nahe von der Richtungslinie seines Auges zum Berge sich befinden. Sie werden von dem an den Bergabhängen gebeugten Lichte getroffen und reflektiren dieses Licht um so leichter in das Auge des Beobachters, je kleiner der Winkel ist, um welchen es von der ursprünglichen Richtung abgelenkt wird, je näher sie also jener Richtungslinie liegen. Da sie aber

*) *Babinet* spricht das Gesetz, aus welchem sich diese Thatsache erklärt, folgendermassen aus (u. a. *Poggendorff*'s Annalen, Bd. 41, S. 136): „Wenn ein Lichtpunkt sein gewöhnliches Bild auf dem Grund des Auges erzeugt und man ausserhalb, aber dicht neben der Lichtlinie, welche diesen Punkt mit dem Auge verbindet, einen kleinen dunkeln Gegenstand anbringt, so ist die Wirkung desselben genau die nämliche, wie die einer ganz gleichen von dem einfallenden Licht beleuchteten Öffnung, so dass in Wirklichkeit eben so viel Helligkeit erzeugt wird, als das Körperchen Dunkelheit scheint hervorbringen zu müssen.

von dem an beiden Bergabhängen gebeugten Licht beleuchtet werden, empfangen und reflektiren sie jedenfalls mehr Licht, als andere Lufttheilchen, welche unter gleichen Bedingungen gegen den dunklen Himmel orientirt sind. Empfängt aber der Beobachter durch die Lufttheilchen aus unbestimmter Entfernung Licht, so projizirt er es nach der Richtung, von welcher es herkommt, gegen den Himmel; es zeigt sich ihm also oberhalb des Berges eine (im Vergleich mit der dunklen Umgebung) lichtere Region, die sich etwas nach rechts und links ausbreitet und gegen das Himmelsdunkel verläuft. Dass man hier eine Differenz beobachtet, nicht jedoch da, wo sich der Berg selbst befindet, hängt mit dem allgemeiner aufgefassten Nachweis *Fechner*'s zusammen, dass gleiche Licht-Unterschiede stärker hervortreten bei minderer als bei sehr grosser Licht-Intensität.

74. Jene Stelle kann aber heller oder dunkler sein, als die benachbarte Krone. Heller ist sie, wenn der Beobachter sich in oder sehr nahe derjenigen Ebene befindet, welche durch die Axe des symmetrischen Berges und die Mitte der Sonne bestimmt ist; denn dann haben die, seinem Auge oder den seiner Richtungslinie benachbarten Lufttheilchen zugebeugten Strahlen aller Farben durchschnittlich keine Gangdifferenz, unterstützen sich also in ihrer Wirkung. Sie würden weiss sein, wenn sich der Beobachter blos im Schatten des Berges befände; da sie aber auch in den Kernschatten des Mondes hinabgebeugt werden, unterfallen sie denselben Bedingungen, wie das Licht der Krone, unterscheiden sich also nicht wesentlich von deren Farbe. — Rechts und links von dieser axialen Lichtregion befinden sich aber Gegenden, wo die durchschnittliche Gangdifferenz der von beiden Bergabhängen gebeugten Strahlen eine halbe Wellenlänge ausmacht. Da muss eine Beeinträchtigung des Lichtes durch Interferenz stattfinden gegen das von der Krone kommende Licht, welches dieser Interferenz nicht unterworfen ist. Jetzt stellt sich also der Büschel dunkler dar, als die benachbarte Krone. Ein völliges Verlöschen des Lichtes kann jedoch nicht stattfinden, weil dasselbe nicht von einem Punkte, sondern von der ganzen, $\frac{1}{2}$ Grad breiten Fläche der Sonne abstammt. — Bekanntlich treten aber die im Schatten eines schmalen Körpers sichtbaren Interferenzlinien immer weiter auseinander, in dem Masse, als der Körper schmaler wird. Ähn-

liches muss sich auch bei der hier zur Sprache gebrachten verwaschenen Erscheinung entgegenstellen. Die lichtschwächere Region muss sich nämlich am Aussenrand der Krone von der helleren weiter entfernen, indem die äusseren Theile der Strahlen mehr von der schmaleren Spitze des Berges herrühren, die inneren derselben aber vorzugsweise von ihrer breiteren Basis. Entfernt sich aber die dunkle Region von der hellen weiter, wo der Berg sich zuspitzt, so muss der dunkle Büschel z. B. nach rechts geneigt sein, wenn der Beobachter sich rechts von der durch die Sonne und die Bergaxe bestimmten Ebene befindet.

75. Diese Erscheinungen lassen sich leicht nachbilden, wenn man, wie ich in der citirten Schrift zeigte, recht kleine Erhöhungen auf dem Rande derjenigen Scheibe oder Kugel anbringt, die man zum Verfinstern eines Sonnenstrahles benutzt.

76. Nothwendiger Weise muss nun zwischen den beiden Lagen, wo die durch einen Berg verursachte Ausstrahlung heller oder dunkler als die umgebende Krone erscheint, eine Lage existiren, wo sie dieselbe Lichtstärke hat, wie jene. Und unter diesen Umständen verschwindet die Erscheinung, wie z. B. im dritten und vierten Stadium der *Billerbeck*'schen Beobachtungen.

77. Ist der Berg nicht symmetrisch, ist vielmehr ein Abhang schroffer als der andere, so ist der lichte Büschel schief gerichtet. Es kann aber grade der Fall eintreten, dass dann einer der weniger lichten Büschel senkrecht zum Mondrand steht. Ein sehr heller Büschel kann dann auftreten, wenn der eine Bergrand senkrecht gegen den Mondumriss einfällt. Die den Schatten nach Aussen begrenzende grössere Lichtmenge muss sich nämlich auch dann geltend machen, wenn die diese Erscheinungen verursachenden Strahlen eine Beugung in den Mondschatten erfahren.

Stehen mehrere Berge von verschiedener Gestalt einander sehr nahe, so verursacht ein jeder Erscheinungen, wie die besprochenen, und lassen wir auch die Einflüsse der zwischen befindlichen Thaleinschnitte ausser Acht, so ist es doch schon ohne Weiteres erklärlich, dass hieraus die verschiedenartigsten Formen, namentlich Erscheinungen, wie in einander geflochtene Strahlenbündel u. s. w. hervorgehen können.

78. Aus den im nachfolgenden Abschnitt zu behandelnden Erörterungen wird noch mehr hervorgehen, als aus dem bisher Be-

sprochenen, dass nur geringe Orts-Veränderungen innerhalb des Schattenstreifens hinreichen, um von einer Stelle des Mondrandes einen mehr oder einen weniger hellen oder gar keinen Strahl ausgehen zu sehen; und was eine Orts-Veränderung des Beobachters thut, bewirkt in ähnlicher Weise die Verschiebung des Mondes vor der Sonne. Bei der grossen Geschwindigkeit, mit welcher dieses von Statten geht, erklärt sich eine eigenthümliche Unregelmässigkeit in der ganzen Erscheinung, die man wiederholt beobachtete, und die auch die subjektiven Interferenz-Versuche im Laboratorium charackterisirt. Schon *Ulloa* erzählt 1778 davon, ferner schien die Krone von 1842 in Montpellier sich in kreisförmiger Bewegung zu befinden, in Pavia schien sie zu flackern, und in Lipezk veränderte sie ihr Ansehen beständig.

Wenn aber die atmosphärische Luft bei der Bildung der Strahlen eine wesentliche Rolle spielt, so muss ihre grössere oder geringere Durchsichtigkeit von grossem Einfluss sein. Die geringen Lichtmengen, um welche es sich hier im Allgemeinen handelt, können von sehr trüber Luft aufgehalten werden, ehe sie zu denjenigen Theilchen gelangen, von denen sie durch Reflexion dem Auge zugeworfen werden sollen. So mag es kommen, dass *Airy* auf la Superga, wo es noch ein Paar Stunden vorher „sehr finster und trübe" war, die Strahlen nicht sah, die in ganz Frankreich und in Mailand beobachtet wurden. Damit hängt es auch zusammen, dass in der trüberen Atmosphäre des Nordens im Jahre 1851 nirgends ein Flackern der Krone bemerkt wurde, was, wie oben mitgetheilt wurde, der wolkenfreie Sommer von 1842 im heiteren Süden den Beobachtern zeigte. Umgekehrt kann aber auch etwas getrübte Luft das Phänomen begünstigen. Das wird aber vorzugsweise der Fall sein, wenn, wie z. B. bei der totalen Finsterniss von 1858 die Erscheinungen durch grössere absolute Lichtstärke hervorgebracht werden. Damals überragte nämlich der Mond die Sonne nur um eine geringe Grösse; anderseits war es aber an der brasilianischen Küste trübe; denn die ersten Kontakte konnten wegen Wolken an drei von vier Stationen nicht beobachtet werden. Aber die Ausstrahlungen sind nach den Zeichnungen, wie nach den Schilderungen viel kräftiger aufgetreten, als bei andern Finsternissen, wo man von heiterm Himmel begünstigt wurde.

IV. Die rothen Hervorragungen.

79. Die Erscheinung der rothen Hervorragungen ist allerdings schon bei der Sonnenfinsterniss vom 2ten Mai (alten Styls) 1733 durch *Birgerus Vassenius*, Professor der Mathematik am Gymnasium zu Götheborg beobachtet worden. Die von ihm hierüber veröffentlichte Nachricht lässt keinen Zweifel über die Identität des damals Gesehenen mit den Protuberanzen. Dennoch hat man trotz der Absonderlichkeit des Phänomens länger als ein Jahrhundert ihm keine Aufmerksamkeit geschenkt, bis die Entdeckung im Jahre 1842 zum zweiten Male und gleichzeitig von fast allen, über die verschiedensten Stationen vertheilten Beobachtern gemacht wurde. So muss es wenigstens erklärt werden, wenn wir von 1733 bis 1842 weitere Nachrichten darüber vermissen. Denn unmöglich lässt sich annehmen, dass bei allen, in diesem Zeitraum beobachteten totalen Sonnenfinsternissen keine Protuberanzen hervorgetreten wären, da sie seitdem jedesmal wieder gesehen worden sind.

Nachdem nun zu Anfang dieser Abhandlung eine allgemeine Beschreibung von den rothen Anhängseln gegeben wurde, möge demnächst zusammengestellt werden, in welcher Anzahl man dieselben bei den verschiedenen Finsternissen seit 1842 und an den verschiedenen Stationen sah, wie ihre Gestalt und deren Veränderung nach Ort und Zeit beschaffen war, imgleichen, welche Ausdehnung und welche Farbe sie hatten. Glaube ich auch annehmen zu müssen, dass die rothe Einfassung des Mondrandes, welche nach dem Ein- und kurz vor dem Austritt der Sonne konstatirt wurde, nichts Anderes ist, als eine grosse Anhäufung sehr kleiner Protuberanzen, so mag doch diese Erscheinung in abgesonderter Beschreibung nachfolgen.

80. Anzahl. Offenbar hat man 1842, überrascht durch die Neuheit, auf die kleinen Protuberanzen wenig geachtet und wesentlich die Aufmerksamkeit auf die grösseren gerichtet. Von diesen wurden in Perpignan zwei gesehen, die von der obersten Region der Mondscheibe auszugehen schienen, und von denen *Mauvais* die eine als aus zwei Gipfeln bestehend erkannte. In Montpellier sah *Petit* ausser jenen zwei oder drei Hervorragungen noch eine vierte, aber weissgefärbte, kurz vor dem Wiedererscheinen der

Sonne emporsteigen. In Narbonne wurden ausser jenen weiter nach Westen noch mehrere wellenförmige Anhöhen gesehen von gleichem Glanze; dazu kamen aber noch zwei, von denen die eine rechts unterhalb, die andere links oberhalb des horizontalen Monddurchmessers auftraten und deren letztere von Allen bemerkt wurde. In Digne wurden nur zwei, auf la Superga und in Lodi dagegen drei, aber in Mailand, Brescia und Novara wiederum blos zwei Anhängsel gesehen. Aus Padua berichtet *v. Biela* von drei, *Santini* und *Conti* dagegen von zwei Hervorragungen. In Vicenza sah *Casari* zwölf, von denen zwei besonders weit hervorstanden; sie seien über einen Raum von 60° auf der oberen Seite des Mondumrisses vertheilt gewesen. Merkwürdig! Denn Vicenza liegt südlich von der Linie der centralen Verfinsterung und die Beobachtung gilt nicht für ein umkehrendes Fernrohr. In Venedig, das ganz an der Südgrenze der totalen Verfinsterung lag, hat *Zantedeschi* keine rothen Protuberanzen bemerkt. In Wien verzeichnete *Schumacher* drei, und *v. Littrow* bemerkte noch mehrere andere minder hervorragende an verschiedenen Punkten des Umrisses unseres Trabanten.

81. Bei der Sonnenfinsterniss von 1850 sind vier rothe Anhängsel, und zwar eines auf der Ostseite, eins auf der Westseite und eines nach Nord-Westen verzeichnet und in der Nähe des letzteren das vierte als ein vom Mondrand losgelöster Streifen.

82. Im Jahre 1851 sah man fast überall eine nach Süden gewandte hakenförmige Hervorragung auf der Westseite der Mondscheibe und auf den östlichen Stationen in deren Nachbarschaft ein detachirtes Wölkchen. Im Übrigen schwankt die Zahl der gesehenen Protuberanzen viel beträchtlicher, als 1842. Auf der norwegischen Linie hat nur *Hansteen* in Christiania südlich vom Haken noch drei rothe Spitzen bemerkt und *Rasch* in Rödenäs noch eine auf der Ostseite. Das detachirte Wölkchen ist aber weder hier, noch in Kropp oder Christiansö sichtbar gewesen. In Frederiksværn sahen *d'Abbadie* und *Hjorth* vier Protuberanzen, während auf der ersten schwedischen Station in Carlsten *Agardh* nur den Haken und „keine Spur einer anderen" bemerken konnte. Kaum 10 Meilen davon, in Hestra, erblickte dagegen *Blomstrand* einen Komplex von drei Protuberanzen am Westrand, und eine am Ostrande. Fast am Südende des Totalstreifens befand sich

Dawes; er mass die Positionen von sechs Proeminenzen und verzeichnete ausserdem noch eine beträchtliche Anzahl von kleineren Hervorragungen. In Carlskrona erschien beim Beginn der Finsterniss eine Protuberanz im Osten und zwei im Westen, und beim weiteren Verlauf traten auf der letzteren Seite noch zwei hervor. *Olufsen* versichert dagegen, dass in Calmar auf der Ostseite keine zu sehen gewesen sei. Diesseits des baltischen Meeres kam der Schattenkegel zuerst nach Rixhöft; die vier daselbst stationirten Beobachter machen alle verschiedene Angaben. *Busch* sah mit 20facher Vergrösserung die sichelförmige Hervorragung und ausserdem eine darüber und eine darunter; *Ragona-Scina* beobachtete nur mit 11facher Vergrösserung und sah Haken und Wölkchen, sowie ein rothes Gebilde am südöstlichen Mondrande; die 32fache Vergrösserung *Fearnley*'s hatte zwei Lichtpinsel an der Verschwindungsstelle der Sonne, alsdann den Haken mit dem Wölkchen, zu denen gegen Ende sich mehrere kumulusartige Gebilde gesellten, erkennen lassen und ausserdem finden sich auf der Nordwestseite der Zeichnung noch zwei dicht neben einander stehende rothe Flammen vor; mit 57facher Vergrösserung beobachtete *v. Littrow* und bestimmte die Positionen von acht Protuberanzen. In Rutzau scheint nach *Anger*'s Mittheilung das Wölkchen nicht vom Mondrand losgelöst gewesen zu sein; überhaupt ist nur von zwei Hervorragungen die Rede. In Danzig sahen *Mauvais* und *Goujon* deren fünf; eben so viel finden sich auf der gemeinschaftlichen Darstellung von *Galle*, *Brünnow* und *Wolfers*, während ebenfalls in Frauenburg *Feldt* nur vier beobachtete. In Königsberg hat *d'Arrest* ausser Haken und Wölkchen noch zwei kleine Anhängsel auf der Westseite und eines auf der Ostseite erblickt und diese scheinen nach der Darstellung *Struve*'s mit den in Lomsa gesehenen identisch zu sein, mit dem Unterschied jedoch, dass die kleinen westlichen Protuberanzen in Königsberg doppelt, in Lomsa einfach erschienen.

83. Die bei der totalen Finsterniss von 1851 an den verschiedenen Stationen vorgenommenen Positionsmessungen hat *v. Littrow* gesammelt und auf den Nordpunkt, als gemeinsamen Nullpunkt, reducirt, wie solches in folgender Zusammenstellung wiedergegeben ist. Die Winkel sind über Osten gezählt.

Beobachter.	Protuberanzen. 1	2	3^a	3^b	4	5	Stationen.
v. Littrow	111°	110°	282°	271°	262°	225°	Rixhöft.
Fearnley	101	—	282	271	—	—	Rixhöft.
Mauvais	113	—	276	268	—	—	Danzig.
Goujon	118	—	278	273	—	—	Danzig.
Good	—	—	287 ½	—	—	—	Kropp.
Dawes	115	—	283	270	263	225	Rävelsberg.

Es bedeutet hier 3^a den Haken und 3^b das isolirte Wölkchen.

Aus der mir zustehenden Nachricht über die Beobachtung der Finsterniss von 1858 in Peru ist über die Anzahl der gesehenen Hervorragungen nichts Sicheres zu entnehmen. Auf den brasilianischen Stationen hat man jedoch damals sechs Protuberanzen beobachtet.

84. Gestalt. Auf die Gestalt der kleineren Protuberanzen hat man im Allgemeinen weniger geachtet, als auf die der grösseren. Als durchgreifendes Ergebniss der hierüber gemachten Beobachtungen lässt sich aber aufstellen, dass die Gestalt schon je nach den Beobachtungs-Stationen beträchtlich gewechselt hat, dass aber merkwürdigerweise der Charakter derselben bei verschiedenen Finsternissen noch ungleich wechselnder befunden wurde. Man sah 1842 in Perpignan die Umrisse scharf und scheinbar hatten beide von *Arago* und *Mayette* überhaupt gesehenen Protuberanzen keine normale Richtung zur Peripherie des Mondes; sie waren Bergen vergleichbar, die unfehlbar einstürzen müssten. *Mauvais* bemerkte mit dem Beginn der Totalität einen röthlichen Punkt; dieser wuchs und verwandelte sich während 56 Sekunden in zwei scharf begrenzte Ausläufer, welche aussahen wie zwei neben einander liegende Bergkegel der Alpen; nach abermals 14 Sekunden trat ein dritter Punkt links davon auf, dem einige Spitzberge zur Seite standen. *Mauvais* hatte eine Neigung gegen den Mondrand nicht bemerkt. — In Narbonne schienen die Feuerberge nach Westen in scharfen, steilen Spitzen abzufallen und behielten dieselben Formen in vollkommener Unbeweglichkeit bei. Offenbar sah *Bouvard* in Digne dieselben Erscheinungen; er bezeichnet sie aber mit Lichtbündeln, welche aus rothen und orangenfarbenen Strahlen bestanden haben und die sich immer mehr abschwächten,

je mehr sie sich vom Mondrande entfernten. Auch sah er diese Büschel noch lange nach dem Ende der totalen Finsterniss. Der Zeichnung *Airy*'s zufolge haben sich die bei Turin gesehenen drei Hervorragungen fast in gleichem, etwa 28° betragenden Abstand von einander befunden, und zwar eine links, die andern beiden rechts vom obersten Mondrand. Sie hatten eine Stellung, wie die Zähne einer Kreissäge, die bei einer Drehung im Sinn der Bewegung eines Uhrzeigers wirken soll. In Pavia zeigte sich die grösste Protuberanz gabelförmig getheilt und erschien wie zwei sich auf einander projizirende Gegenstände. Nach *Piola*'s Bericht erschienen sie in Lodi dreieckig mit nach innen gebeugten Seiten und nur an den Rändern leuchtend. Der Abstand ihrer Basen wird nur auf 10° des Mondumfanges taxirt. Eine ähnliche Gestalt scheinen sie in Mailand gezeigt zu haben, nur, dass an den Rändern der beiden überhaupt gesehenen Hervorragungen unablässig Lichtausströmungen stattfanden. Besonders imposant mögen derartige Ausströmungen in Vicenza aufgetreten sein, indem es *Casari* erschien, als ob auf den Spitzen und an den Seiten der beiden grössten von zwölf überhaupt gesehenen Protuberanzen rothe Dunstsäulen sich erhoben, die in ihrer aufsteigenden Bewegung sich durchkreuzten und in beständiger Unruhe zu sein schienen gleich Vulkanen, die rothe Dämpfe aussenden. *Schumacher* und *v. Littrow* sprechen von einem gletscherartigen Aussehen der in Wien beobachteten Anhängsel; aber dort sind sie nicht spitz gewesen.

85. Die 1850 gesehenen rothen Hervorragungen hatten verschiedene Gestalt; die grösste derselben glich einer halben Ellipse, die mit der kleinen Axe auf dem Mondumfang stand; zwei andere waren gespalten, was ihnen das Ansehen von Flammen gab, und die vierte glich einem vom Mondrand losgelösten Streifen; derselbe trennte sich gegen Ende der Finsterniss in zwei Theile, die alsbald das Ansehen zweier einander zugekehrter Pfeile gewannen.

86. Bei der Finsterniss von 1851 ist auf allen Stationen die meiste Aufmerksamkeit der schon mehr erwähnten im Westen befindlichen Gruppe von Hervorragungen zugewandt worden. Im Allgemeinen bestand dieselbe aus einer vom Mondrand sich erhebenden, nach Süden gekrümmten hakenförmigen Gestalt und einem vor deren Spitze und in gleicher Höhe mit ihr schwebenden,

vom Mondrand losgelösten rothen Wölkchen. Diese Gruppe ist nun mit merkwürdigen Verschiedenheiten beobachtet worden, welche der grössern Übersicht wegen nach derjenigen Reihenfolge, in welcher der Mondschatten die Beobachtungsorte nach einander erreicht hat, tabellarisch zusammengestellt werden mögen.

Ort.	Beobachter.	Beschaffenheit der Gruppe.
Sargsborg	*Gray*	Ausser anderen Hervorragungen blos der Haken, ohne Wölkchen.
Eger	*Vibe*	Ebenso.
Christiania	*Hansteen*	Ebenso.
Rödenäs	*Rasch*	Es wurden überhaupt nur zwei Spitzen gesehen, von denen die westliche vielleicht mit dem Haken identisch ist.
Frederiksværn	*d'Abbadie*, *Hjorth*	Beide sahen blos den nach Süden gekrümmten Haken ohne Wölkchen.
Carlsten	*Agardh*	Es wurde keine Spur eines rothen Vorsprunges gesehen, ausser dem blassrothen Haken nahe derjenigen Stelle, „wo die partielle Finsterniss anfing." Er verschwand von oben herab.
Götheborg	*Pettersson*	Haken und Wölkchen wurden gesehen.
Hestra	*Blomstrand*	Die Zeichnung stellt zwei einander zugewandte Hörner dar, das nördliche roth, das südliche gelb, welche zwischen ihren Spitzen ein gelbes mit rothen Streifen durchzogenes Wölkchen trugen.
Rävelsberg	*Dawes*	Das Wölkchen ist vollständig losgelöst, unter demselben befinden sich aber rothe Anhängsel, die es noch fest berühren.
Christiansö	*Ravn*	U. a. blos der nach Süden gekrümmte Haken ohne Wölkchen.
Kropp	*Good*	Das Wölkchen ist nicht notirt und wurde vielleicht wegen der Kürze der Zeit (1^m 17^s) übersehen.
Carlskrona, Calmar	*v. Feilitzsch*, *Olufsen*	Hier, wie auf allen späteren Stationen, ist das Wölkchen vollkommen losgelöst vom Mondrande gesehen worden.

Digitized by Google

Jedenfalls ist es interessant, im Vorstehenden verfolgen zu können, dass das Wölkchen auf den westlichen Stationen überall nicht, auf den östlichen aber ohne Ausnahme sichtbar gewesen ist, und dass auf der Nordseite des Schattenstreifens die Sichtbarkeit früher begonnen hat, als auf der Südseite. Eine Linie, welche zwischen Carlsten und Götheborg einerseits, Rävelsberg und Kropp anderseits hindurch geht und Christiansö noch südlich lässt, bildet die Grenze für das Auftreten des Wölkens, wenigstens soweit die hier vorliegenden Nachrichten reichen. Ganz nahe dieser Grenzlinie liegen die Orte Hestra und Rävelsberg. Am ersteren Orte stand das Wölkchen noch durch einen und zwar ganz eigenthümlich gefärbten hakenartigen Fortsatz mit dem Mondrand in Verbindung, und am letztern war zwar die Verbindung gelöst, doch befand sich unter dem Wölkchen eine niedrige Protuberanz, die es fast berührte. Für die topographische Betrachtungsweise bleiben zur Erklärung dieser sonderbaren Thatsache nur zwei Möglichkeiten übrig; Entweder man hat im Westen überall das Wölkchen übersehen, wie dies *Wichmann* seinerseits für Königsberg eingesteht — und das wäre sonderbar — oder es wären im Laufe der kurzen Beobachtungszeit so beträchtliche Veränderungen in der Protuberanz-Substanz eingetreten, dass sich eine Masse von mehr als dem vierfachen Erddurchmesser habe bilden und bis zur Höhe von mehr als dem siebenfachen Erddurchmesser erheben können, und das wäre sonderbarer. Darf auch nach der zu entwickelnden optischen Theorie eine Erklärung noch nicht gewagt werden, so widerspricht doch die Thatsache derselben nicht.

Im Übrigen findet sich in den Beschreibungen von der Gestalt des Hakens eine grosse, jedoch nicht vollständige Übereinstimmung. Eine Verbreiterung seiner Basis gegen Ende der Finsterniss wurde von *Olufsen*, *Fearnley* und *d'Arrest* beobachtet; — eine Verschmälerung dagegen von *Schmidt* in Rastenburg. Ein am Haken befindliches, nach Norden getragenes Anhängsel bemerkten die Danziger Beobachter. Mit welligen Umrissen wurde er wesentlich nur von *Olufsen*, *Fearnley*, *Feldt*, *Wichmann*, *d'Arrest* und *Struve* geschildert. Eine scharfe Begrenzung mag er im Allgemeinen wohl gezeigt haben, doch ist das dem Wölkchen zugewandte Ende überall verwaschen oder ausgezackt gesehen worden. *Dawes*

bemerkte, dass der Haken heller gewesen sei, als die umgebende Krone. Eine beständige Efferveszenz und Bewegung sah *Ragona-Scina.* Von Andern ist aber das Licht der Protuberanzen nur unbeweglich gesehen worden.

87. Nächst dieser Gruppe hat eine Protuberanz an der Ostseite, nahe der Verschwindungsstelle der Sonne die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich gezogen. Sie scheint auf den nördlichen Stationen Norwegens und Schwedens nicht sichtbar gewesen zu sein. Denn obschon dort mit guten Fernröhren beobachtet wurde, geschieht ihrer erst auf einer Linie zwischen Frederiksværn und Carlskrona Erwähnung; *Agardh* und *Olufsen* stellen ausdrücklich Protuberanzen auf der Ostseite in Abrede. Auf den preussischen Stationen wurde sie jedoch überall gesehen. Einige, wie *Dawes,* erblickten sie abgerundet, Andere spitz; mir erschienen ihre Ränder verwaschen, *v. Littrow* und *Feldt* sahen zwei Spitzen, *Struve* sogar deren mehrere.

88. Ausser den genannten sind noch viele andere Hervorragungen beobachtet worden, namentlich sah *Dawes* noch eine südlich von dem Haken gelegene gekrümmte Protuberanz, und *Schmidt* eine andere, nördlich davon gelegene und nach Norden gekrümmte. Es würde jedoch zu weit führen, die Detail-Beschreibungen von allen mitzutheilen, noch dazu für die meisten eine Identität der verschiedenen Beobachtungen nicht nachzuweisen ist. Nur eine Bemerkung von *Good* darf nicht unterdrückt werden; er sagt nämlich: „Der Haken und die anderen Proeminenzen machten ganz den Eindruck, als ob sie sich weit diesseits der Krone befunden hätten, deren weisses Licht sie nicht zu berühren schien. Alle schienen sich von der Krone und den Lichtstreifen loszulösen oder standen ausserhalb von derselben. . . .“

89. Ganz anders erschienen die sechs Protuberanzen von 1858 in Süd-Amerika. Sie waren breiter als hoch und einige hatten eine schwarze Einfassung. Die grösste derselben lag auf der Westseite; sie war mit blossem Auge sichtbar und schien im Fernrohr aus ein paar Spitzen zusammengesetzt zu sein. Zwei andere hatten die Form gegen den Mondrand geneigter Rechtecke; eine vierte zeigte zwei, dann drei Spitzen und die andern beiden sind nur mit bogenförmigen Umrissen verzeichnet.

90. Ausdehnung. Schon 1842 wurde eine Vergrösserung der westlich gelegenen Protuberanz beobachtet und dem entsprechend hat man später eine Erniedrigung der auf der Ostseite befindlichen konstatirt. Die Höhen-Angaben aus Perpignan schwanken zwischen 1 und 2 Bogen-Minuten. Eine eigentliche Messung stellte *Petit* in Montpellier an und fand 1′45″ für die höchste der drei Hervorragungen. Ein Zwölftel des Monddurchmessers ist die Angabe aus Narbonne, eine Minute die Schätzung *Airy*'s; freilich war die Stelle des Mondrandes, an welcher dieser die Hervorragungen sah, in Berührung mit einer dunklen Wolke. Viermal so hoch taxirt sie *Piola* in Lodi. In Mailand hatten die beiden überhaupt gesehenen dreieckigen Flammen eine Höhe und Breite von 2¾ Minuten. *Schumacher* sah in Wien mit einem Blendglase zwar keine Veränderung in den Erscheinungen, schätzt sie vielmehr auf 1 bis 2 Minuten Höhe, glaubt aber eine solche nicht in Abrede stellen zu dürfen. Dahingegen fand *v. Littrow* in Wien selbst und *Schaub* in der Nähe davon die weit beträchtlichere Höhe von etwa 5 Minuten für die grösste Protuberanz und eine Breite von etwa 2 Minuten. In Lipezk wurden die rothen Hervorragungen nur flüchtig beobachtet; *Schidlofsky* taxirt ihre Höhe auf etwa 2 Minuten.

91. *Kutczycki* versuchte 1850 die grösste der von ihm gesehenen Protuberanzen mit dem *Rochon*'schen Mikrometer zu messen und fand 3′58″. Er glaubt jedoch, dass eine Schätzung von 1 Minute oder 1,5 Minute richtiger sei, als jene zweifelhafte Messung. Die Länge des abgesonderten Streifens war beträchtlicher, als jene Höhe; die Breite desselben betrug jedoch nur etwa $\frac{1}{18}$ davon. Auch er beobachtete unzweifelhaft eine Erniedrigung des östlichen und eine Erhöhung des westlichen Anhängsels.

92. Auch bei der Sonnenfinsterniss von 1851 ist fast allen Beobachtern dieses bezügliche Wachsen und Abnehmen der Protuberanzen aufgefallen. Gegen die allgemeine Beobachtung finden wir bei *Agardh*, dass ihm ganz im Gegentheil der auf der Westseite befindliche Haken im Verlauf der Phase allmälig verschwunden sei. Er sagt ausdrücklich: „Die Fackel blieb 1ᵐ23ˢ sichtbar, worauf sie 49ˢ5 vor dem Ende der totalen Finsterniss verschwand, aber nicht augenblicklich, sondern die obere Hälfte 2ˢ früher, als die untere oder als die dem Mondrande am nächsten. Dieses

successive Verschwinden sah ich deutlich." Es mag in Erinnerung gebracht werden, dass in dieser Region des Schattenstreifens die Gruppe einen Wechsel erlitt und allerhand andere Besonderheiten oben angeführt werden mussten. *) Fand aber das mit grösster Übereinstimmung im Übrigen konstatirte Anwachsen der westlichen Protuberanzen statt, so mag das wohl einen Erklärungsgrund dafür abgeben, dass der vielbesprochene Haken so ausserordentlich verschieden hoch über dem Mondrand taxirt oder gemessen worden ist. Denn es gelten wohl nicht alle hierüber vorhandenen Aufzeichnungen für denselben Moment. Die grosse und allgemeine Aufmerksamkeit jedoch, welche man grade diesem Anhängsel zugewandt hat, macht es wahrscheinlich, dass die meisten Beobachter bis gegen Ende der Totalität ihre Blicke ihm zuwendeten und dass, wo nicht das Gegentheil gesagt wird, die grösste Ausdehnung es gewesen sein dürfte, die notirt worden ist. Erklärt also das angeführte Argument manche Verschiedenheiten, so erklärt es sicher nicht alle. Mögen immerhin die Zahlen noch von weiteren Faktoren beeinflusst werden, so glaube ich doch, dass die Lichtstärke der Beobachtungsmittel einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Winkelgrösse des Gesehenen gehabt haben mag, und da diese zum grossen Theil von der Vergrösserung der Fernröhre abhängt, so wird es nicht überflüssig sein, die verschiedenen Beobachtungen nach den Winkelgrössen geordnet mit der Vergrösserung der angewandten Beobachtungsmittel in Folgendem zusammenzustellen.

Beobachter.	Höhe des Hakens vom Mondrand in Minuten und Sekunden.	Vergrösserung der Beobachtungsmittel.
Hansteen in Christiania	1' 0"	119fach.
Galle in Frauenburg	1 12	60 „
Wichmann in Königsberg	1 24 bis 1' 40"	115 „ (Heliometer).
Gray in Sarpeborg	1 30	60fach.

*) Es lässt sich nicht wohl voraussetzen, dass die von *Agardh* gegebene Zeichnung umgekehrt genommen werden müsse, als die zugehörige Beschreibung in Astr. Nachr. No. 783, obschon eine völlige Zweifellosigkeit nicht aus dem Referat hervorgeht.

von 1851 ist es besonders auffällig, dass auf einer derjenigen Stationen, auf denen man zuerst das Wölkchen getrennt vom Mondrande erblickte, nämlich in Hestra, dieses durch *Blomstrand* mit gelber Farbe und rothen Streifen dargestellt wird. Eine reingelbe Farbe sah er auch an dem hakenförmigen Verbindungsstück, welches nach ihm vom Wölkchen aus bis auf den Mondrand herabreichte, sowie an einer Protuberanz auf der Ostseite des Gestirns. Besonderes in der Färbung zeigte sich erst wieder auf der preussischen Seite, namentlich macht *Fearnley* darauf aufmerksam, dass der Raum zwischen dem Haken und dem Wölkchen mit feinen hellen Fasern durchzogen war und dass diese Gruppe ausserhalb mit einem 3—4 Minuten hohen Wolkengebilde umgeben gewesen sei, das sich nach und nach in Dunsthäufchen auflöste, ähnlich sehr hochschwebenden, blassen, lockeren Cumulus-Wolken. Hier findet sich auf *Fearnley*'s Zeichnung auch eine grössere Ausstrahlung der Krone, sowie ähnliche Ausstrahlungen über den andern beiden Fleckengruppen; doch ist in der Abhandlung ein besonderer Bezug darauf nicht genommen. Auch in Rastenburg von *Schmidt* und in Frauenburg von *Galle* sind mehrere feine hakenförmige Fasern und von *Wolfers* eine Einfassung von glänzendem Lichtgewölk beschrieben worden, die sich zwischen Haken und Wölkchen hinzogen.

96. Während 1858 in Peru nach *Pinelais*'s Aussage die Protuberanzen lebhaft rosa gefärbt waren, erschienen nach dem von Brasilien ausgegangenen Bericht die drei westlichen nur schwach röthlich gefärbt, die östlichen aber rein weiss. Freilich rühren die letzteren Angaben von verschiedenen Beobachtern her, indem vorzugsweise *Coelho* die rothe Nuance bemerkt hat, die grösste Protuberanz jedoch auch dem unbewaffneten Auge als glänzend rosaer Punkt entgegentrat.

97. Rothe Säume. Wie oben bemerkt wurde, haben schon die Beobachter totaler Sonnenfinsternisse des vorigen Jahrhunderts einen intensiv rothen Saum am Mondrande gesehen, wenn sie sich sehr nahe an der Grenze, aber noch immer innerhalb des Kernschattens befanden. Bei den Finsternissen seit 1842 ist von diesen Rändern so vielfach berichtet worden, dass es unzweckmässig sein würde, alles darüber Verzeichnete zu wiederholen. Im Jahre 1842 wurde der Rand u. A. in Toulon, Wien, Lipezk, 1850 in

Honolulu, 1851 in Frederiksværn, Götheborg, Christiansö, Calmar (*Olufsen* beschrieb das Phänomen ausführlicher), in Rixhöft, Danzig, Königsberg, Rastenburg und zwar von einigen Beobachtern blos auf der Ostseite, von andern blos auf der Westseite, von wiederum andern aber an beiden Mondrändern gesehen. *Fearnley* beobachtete mit seinem schwach vergrössernden Fernrohr in den letzten 10 bis 20 Sekunden rothe, fast über den ganzen Westrand des Mondes verbreitete Streifen und Lichtpunkte, und *Rayona-Scina* sah dieselben im Kometensucher noch 9 bis 15 Minuten nach dem Hervorbrechen der Sonne. Die Höhe wird von den verschiedenen Beobachtern zwischen 0′2 und 1′ angegeben und die Dauer der Sichtbarkeit auf 9ˢ bis 20ˢ geschätzt.

98. Von einer näheren Mittheilung der analogen Erscheinung, welche die Beobachter an der Nord- und Südgrenze der totalen Schattenstreifen hatten, kann jedoch nicht Umgang genommen werden. *Good* bemerkte in Kropp, das an der Südgrenze des Schattenstreifens von 1851 lag, einen Lichtrand, der sich von demjenigen Punkte, wo die Sonne verschwand, bis zu dem, wo sie wieder hervortreten sollte, durch einen Raum von 60 bis 70 Grad des Mondumrisses erstreckte. Derselbe sah aus, wie ein Halsband von Perlen und Edelsteinen, war von weisslicher oder gelblicher Farbe mit mehreren blauen und violetten Tinten, und am inneren Umfange von rothem Perlmutterglanz (rose pearl). In Ausdehnung und Intensität war eine sehr grosse Änderung nicht bemerkt, aber eine beständig rollende, vibrirende oder oszillatorische Bewegung wurde mehr oder weniger wahrgenommen. — Noch etwas weiter südlich, in Rävelsberg, befand sich *Dawes*. Dort begann, bei etwa 145° vom Nordpunkt über O. gezählt, eine niedrige Kette rother Proeminenzen, die im Umriss den Gipfeln einer sehr unregelmässigen Reihe von Hügeln glich, deren höchster wahrscheinlich nicht 40″ überschritt. Sie verbreitete sich über 50° oder 55° und reichte somit bis etwa 197° vom Nordpunkt. Ihre Basis war vom Nordrand scharf begrenzt. Die Unregelmässigkeiten am oberen Ende der Reihe schienen konstant dieselben zu sein, aber deutlich schienen sie von West nach Ost zu unduliren („wahrscheinlich ein atmosphärisches Phänomen, da der Wind von Westen wehte"). Es verdient bemerkt zu werden, dass auch der Schatten von West nach Ost

ging. — Bei 220° begann eine andere niedrigere Bergkette, und reichte etwa bis 250°; sie enthielt eine hohe hakenförmige Proeminenz von 1,5′. — Eine ähnliche Schilderung finden wir in dem Bericht von der Finsterniss von 1858. Auf der Station Campinas am Südrande des Schattenstreifens hat man an der Westseite und am südlichen Umriss des Mondes zwischen 110° und 170" vom untersten Punkte im umkehrenden Fernrohr eine ganze Kette von Anhängseln beobachtet. „Diese Protuberanzen," sagt *Galvao*, der Berichterstatter von jener Station, „glichen geschmolzenem, in Wellenbewegung begriffenem Blei." „Die Zeichnung davon giebt eine gezackte Linie mit hervorstehenden Gipfeln in der Richtung einer grossen, auch auf der Centralstation gesehenen Protuberanz." — Wenn ich hierher noch „eine sehr kleine momentane Protuberanz in 215°" (von N. über O. gerechnet) zähle, welche *Schmidt* 1851 in Rastenburg sah, so hat dieses mit den übrigen Erscheinungen das gemein, dass die am Nord- oder Südrand beobachteten rothen Anhängsel eine merklich geringere Stabilität zeigen, als die des Ost- und Westrandes. Ist also in den beiden letzten Regionen ein regelmässiges Schwinden und Wachsen der rothen Hervorragungen bei fortschreitender Finsterniss konstatirt worden, so hat man in Norden und Süden ein momentanes Auftreten derselben beobachtet, das bei einer stetigen Reihe solcher Anhängsel den Eindruck von Unruhe, von undulirender, rollender Bewegung machen muss.

Hierdurch ist ein empirischer Beweis gegeben dafür, dass man verhältnissmässig mehr Protuberanzen in der Nähe der Ein- und Austrittsstelle der Sonne gesehen hat, als in den davon entferntesten Gegenden des Mondrandes. Die Seltenheit und kurze Dauer einer totalen Sonnenfinsterniss nämlich macht es erklärlich, dass das Auge des gespannten Beobachters heften bleibt an der in Bildung oder Rückbildung begriffenen Erscheinung und nicht darauf lauert, ob in der Nord- und Südregion eine momentane Röthe auftrete, um eben so plötzlich wieder zu verschwinden. Nur zufällig gleichsam ist man dort auf eigentliche Protuberanzen aufmerksam geworden, wenn nicht etwa die Blicke eines Beob-

achters auf der Nord- oder Südgrenze des Schattenstreifens durch den rothen Saum dauernder gefesselt wurden.

99. Abgesonderte Hervorragungen. Noch wollen wir ein paar Augenblicke bei der ganz eigenthümlichen Erscheinung der vom Mondrand losgelösten Hervorragungen stehen bleiben. Die schon oben besprochene, 1850 von *Kutczycki* entdeckte, losgelöste Streifen und das Wölkchen der auffälligen Westgruppe von 1851 sind nicht einzig in ihrer Art. Vielmehr sind z. B. die 1851 von *Fearnley* in den letzten 10 bis 20 Sekunden am westlichen Rande des Doppelgestirns bemerkten kleinen rothen Streifen und Lichtpünktchen auf der von ihm herrührenden Zeichnung gänzlich vom Mondrand getrennt dargestellt. Ingleichen waren nach *v. Littrow's* Mittheilung „auf der nördlichen Seite des Hakens von 1851 bis zu einer Entfernung von beiläufig 3′ vom Mondrand auf einer Ausdehnung von etwa 20° des Umkreises mehrere Flecke, sämmtlich isolirt vom Monde . . ., so dass diese ganze Gegend gleichsam in Roth opalisirte.“

100. Weisse Säume. Es würde unschwer sein, noch andere ähnliche Aussagen zu finden, wenn nicht diese schon genügten, den Übergang von den rothen Säumen zu einer abermals anderen Erscheinung anzubahnen. *Olufsen* schreibt nämlich über seine Beobachtungen von 1851 in Calmar u. A. Folgendes: „Als der rothe Schimmer (der Saum gegen Ende der Totalität am Westrande) seine grösste Höhe erlangt hatte, geschah aus demselben eine Ausstrahlung von weissem Licht, dessen Strahlen zwar weit über die Spitze der grösseren Erhöhungen hinausgingen, aber diese Spitzen dennoch deutlich erkennen liessen, so dass sie erst bei dem Erscheinen des gelben Sonnenlichtes eine halbe Sekunde später verschwand.“ Ähnliches berichtet *Schmidt* aus Rastenburg. Im Momente der Bildung des rothen Saumes glaubte er nämlich das Sonnenlicht erwarten zu müssen — da trennte sich die rothe Kurve vom dunklen Mondrand und zwischen beiden trat eine silberweisse, strahlende, höchst intensive Lichtlinie hervor, konzentrisch mit der rothen, scharf von dieser, noch mehr vom Monde geschieden. Eine Sekunde später folgte die Sonnensichel *) —

*) *Schmidt* zitirt hierzu die Beobachtungen von *Conti* 1842, Juli 7, in den Annalen der k. k. Sternwarte zu Wien, Neue Folge Bd. 2,

Dieselbe glänzend weisse schmale auf der Aussenseite wellige Linie ist ferner von allen Beobachtern der brasilianischen Stationen im Jahre 1858 sowohl beim Beginn, als kurz vor dem Ende der Totalität etwa 1 bis 3 Sekunden lang gesehen worden.

101. Entkleiden wir das Gesehene von den Färbungen der Auffassung und Mittheilung, so bleibt das Folgende übrig. Ehe die Sonne hinter dem Mondrande wieder hervortritt, wird das Auge des im Kernschatten befindlichen Beobachters von einzelnen Stellen, die sich vom dunklen Scheibenrand bis in einigem Abstand erheben, durch rothes Licht getroffen (Protuberanzen). Diese Stellen vergrössern sich auf der Ost- und Westseite mit dem Vorrücken der Phase; gleichzeitig kommt rothes Licht von mehr und mehr anderen niedrigeren Stellen her, bis gegen Ende der totalen Finsterniss dieselben sich so häufen, dass vom ganzen Mondrand in der Nachbarschaft des Emersionspunktes rothes Licht dem Beobachter zustrahlt (rothe Säume). Während diese Ursprungsstellen rothen Lichtes sich allmälig vom Mondrand entfernen, wird von den näheren Orten weisses Licht in den Kernschatten gesandt (weisse Säume), so dass bisweilen blos von einzelnen, weiter abstehenden Stellen rothes Licht kommt (losgelöste Protuberanzen), bisweilen aber, und namentlich gegen Ende der totalen Phase von einem ganzen, sehr schmalen und parallel zum Mondrand sich erstreckenden Streifen das röthliche Licht ausgeht. Die umgekehrte Ordnung gilt für den Anfang der totalen Verfinsterung und für den Ostrand des Mondes.

102. Polarisation der Protuberanzen. Es sind mehrfach Versuche darüber angestellt, ob das Licht der Protuberanzen polarisirtes sei oder nicht; doch sind mir nur zwei bejahende, aber unvollständige Ergebnisse bekannt geworden. Als nämlich *Kutczycki* die Höhe eines der rothen Anhängsel von 1850 mit einem *Rochon*'schen Mikrometer mass, fand er, dass eines der beiden Bilder auffallend viel heller war, als das andere. Doch hatte er dieser Beobachtung nicht so viel Aufmerksamkeit geschenkt, um sagen zu können, in welcher Ebene die Polarisation stattgefunden habe. Die andere Nachricht datirt von *d'Abbadie,*

S. 35; ebendaselbst die von *Schumacher*; ferner die Beobachtungen *Kutczycki*'s, Comptes rend. XXXII, No. 16, pag. 581.

der einen, mit „durchsichtig“ bezeichneten Theil der hakenförmigen Hervorragung von 1851 stark polarisirt fand. Doch fehlt auch hier ein Nachweis über die Richtung der Polarisation.

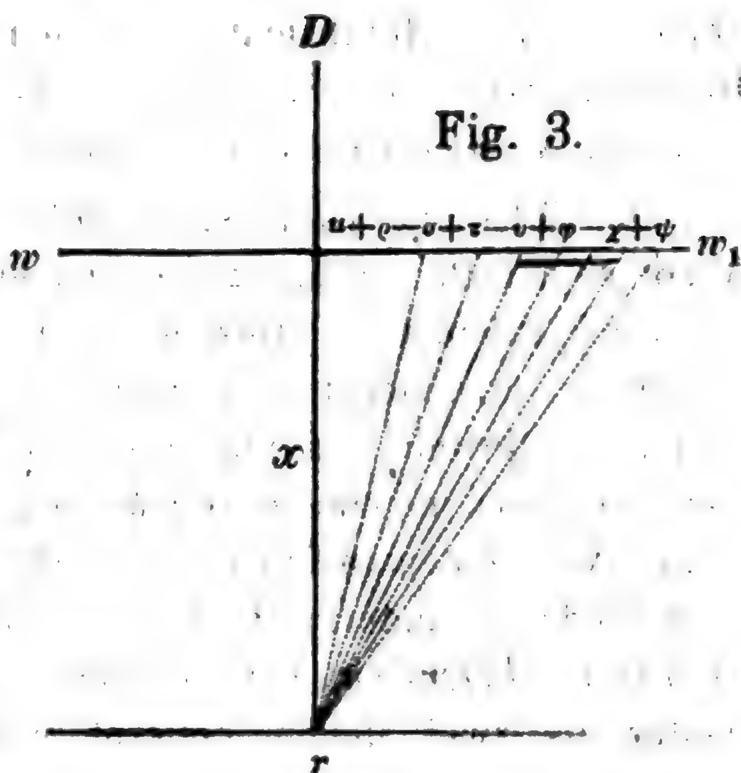
103. Theoretisches. *D'Abbadie* erzählt, dass während der $3^m 26^s$ seiner Beobachtung die vielbesprochene hakenförmige Protuberanz Anfangs die Gestalt einer aufgeschwollenen Warze gehabt habe, demnächst aber während ihres Wachsens sich krümmte und ein schwammiges und ausgezacktes Ansehn annahm. — *Airy* verglich seine eigene in Hvalås gemachte Beobachtung mit denen seiner Assistenten in Christiania und Christianstad, sowie mit denen verschiedener anderer Beobachter und besonders mit denen des Lieutenant *Petersson* in Gothenburg, das von *Airy*'s Station nicht weiter als zwei Meilen entfernt war: Alle diese Mittheilungen erachtete er ebenso zutrauenswürdig, als seine eigenen; alle boten aber wesentliche Verschiedenheiten dar.*) Wenn aber ein und dasselbe Phänomen zusehends eine wesentliche Veränderung in des Gestalt annahm, und wenn dasselbe in dem Abstand von kaum 2 Meilen ganz andere Formen darbot, so kann es unmöglich einem in 20 Millionen Meilen Entfernung befindlichen materiellen Substrat entsprechen. Sehen wir zu, wie weit eine Erklärung zu den Beobachtungen stimmt, welche das Gesehene ableitet aus dem Prinzip der Beugung und Interferenz des von der Sonnenscheibe kommenden und an kleinen Mondrandbergen vorbeistreifenden Lichtes.

104. Um der Erklärung näher zu treten, möge in Fig. 3 (folg. Seite), wie früher, ww_1 eine ebene Welle homogenen Lichtes bedeuten, welche von einem in der Richtung *rs* liegenden einzelnen Punkt der Sonne ausgegangen ist nnd sich nach *r* bewegt. Wie schon oben geschah, möge die Intensität des dadurch in *r* wirksamen Lichtes mit $2J$ bezeichnet werden, wo

$$J = \rho - \sigma + \tau - \upsilon + \varphi - \dots$$

gesetzt werde und die Glieder ρ, σ, ... das Mass der partiellen Licht-Intensität von den auf einander folgenden Abtheilungen ausdrücken, welche von je zwei, um immer eine halbe Wellenlänge verschiedenen, nach *r* gezogenen Strahlen begrenzt werden. Wird

*) Briefliche Mittheilung.



nun eine oder mehrere dieser Abtheilungen durch ein schmales Gesichtsobjekt, etwa $v\chi$ aufgehalten, so ist ersichtlich, dass dadurch die Licht-Intensität in r eine Änderung erleidet. Da es nun hier, wie sich bald zeigen wird, nicht auf die Gesammt-Licht-Intensität ankommt, welche in r vorhanden ist, sondern nur auf die Licht-Erscheinung, welche sich einem in r befindlichen Beobachter nach der Richtung des schmalen Objektes zeigen muss — es kann ja das direkt vom leuchtenden Punkte kommende Licht abgehalten werden —: so wollen wir absehen von einer Interferenz des direkten Strahles ur mit den an den Rändern des Gegenstandes gebeugten Strahlen vr und χr und nur auf die Beziehung der letzteren beiden zu einander Rücksicht nehmen.

Aus der Figur geht unmittelbar hervor, dass das von beiden Seiten des schmalen Gegenstandes kommende Licht sich unterstützen muss, wenn die benachbarten Abtheilungen mit gleichen Vorzeichen versehen sind, dass aber ein theilweises Vernichten stattfindet, wenn sie entgegengesetztes Vorzeichen besitzen. Im ersten Falle wird also in r ein Licht-Maximum, im zweiten ein Minimum beobachtet. Hierbei müssen wir aber unterscheiden, ob der Gegenstand die direkt vom leuchtenden Punkt kommenden Strahlen verdeckt, oder ob er seitlich von denselben liegt. Und zwar muss das um desswillen geschehen, weil sich an dem Punkte u eine Diskontinuität im Wechsel der Zeichen für die verschiedenen Abtheilungen vorfindet. Rechts und links von u haben die beiden ersten Abtheilungen ein positives Zeichen, weiter abseits wechselt dasselbe aber stets mit dem negativen. Unterscheiden wir also die Licht-Maxima und Minima im geometrischen Schatten des Gegenstandes von denen ausserhalb desselben, so übersehen wir unmittelbar aus der Figur, dass im ersten Falle

stets in *r* ein Maximum zu erwarten ist, wenn die Längen der am Rande des schmalen Objekts vorbeistreifenden Strahlen um ein grades, ein Minimum dagegen, wenn sie um ein ungrades Vielfaches einer halben Wellenlänge verschieden sind. Bei den äusseren Erscheinungen zeigt sich aber umgekehrt ein Maximum, wenn die vorbeistreifenden Strahlen eine Gangdifferenz von einem ungraden, ein Minimum dagegen, wenn sie eine Gangdifferenz von einem graden Vielfachen einer halben Wellenlänge haben. *) Nachdem jedoch einmal auf diesen Untersohied aufmerksam gemacht worden ist, wollen wir im Weiteren davon absehen, da er für das Endergebniss ohne Belang ist.

105. Eine weitere Frage ist die, ob ein in *r* befindlicher Beobachter überhaupt eine subjektive Lichtwirkung in Folge der Gegenwart des schmalen Körpers und zwar von seiner Richtung her wahrnehmen kann; denn im Allgemeinen werden die auf einem Schirm entworfenen, durch Beugung und Interferenz entstandenen Lichtstreifen nicht gesehen, wenn man den Schirm wegnimmt und an seiner Stelle das Auge oder ein Fernrohr substituirt. Der Grund von diesem allgemeinen negativen Ergebniss liegt allein darin, dass weder das Fernrohr, noch das Auge im Stande sind, gleichzeitig die divergirend auffallenden Strahlen von allen einzelnen Punkten des Objektes zusammen zu brechen, wie es zum deutlichen Sehen erfordert wird, und gleichzeitig die konvergirend auffallenden, von beiden Seiten des Objekts kommenden Strahlen, wie solches stattfinden muss, wenn man durch deren Interferenz Farben sehen soll. Nur in einem Falle ist das möglich, nämlich dann, wenn die von jedem einzelnen Punkte und gleichzeitig auch die von den Rändern des Objektes kommenden Strahlen merklich parallel auf das Objektiv des Fernrohrs oder auf das Auge fallen, oder mit andern Worten, wenn das Objekt unverhältnissmässig weit entfernt und gleichzeitig so schmal ist, dass es der unmittelbaren Wahrnehmung entgeht. Nur in diesem Falle vereinigen sich die von beiden Seiten des Objekts kommenden Strahlen in den Bildräumen der für dasselbe adaptirten optischen Apparate,

*) *Fresnel* nahm bekanntlich eine Verzögerung um eine halbe Wellenlänge an, wenn ein Strahl am Rande eines dunklen Körpers vorbeistreift, was hiernach als unnöthig erscheint.

Wellenlänge des vom leuchtenden Punkte kommenden Lichtes direkt proportional ist. Für $\varphi = 0$, also wenn c und b zusammenfallen, ist offenbar ein Licht-Maximum zu erwarten, indem hier die Gangdifferenz der beiden von p und t kommenden Strahlen gleich Null ist, sich also beide unterstützen. Das erste Minimum der Licht-Intensität ergiebt sich für n gleich 1. Wollen wir dieses für Roth in der Nähe des *Frauenhofer*'schen Streifens B berechnen, so ist $\lambda = 0{,}0006897$ Millimeter, und für $c = 176$ Meter ist sonach

$$\varphi = \tfrac{1}{2474} \text{ oder nahe } \tfrac{1}{2500} \text{ Sekunden.}$$

Daraus ergiebt sich aber, wenn $\alpha = 363290$ Kilometer beträgt,

$$y = 0{,}712^{\text{m}}.$$

Wäre also die Sonne ein rothleuchtender Punkt, und rückte der Berg c von $\frac{1}{10}''$ Breite an derselben vorüber, so würde man ihn, da φ nach rechts und links zu rechnen ist, etwa 250mal von r aus hell und eben so oft dunkel erblicken, so lange als r sich noch im geometrischen Schatten desselben befindet. Dieser Wechsel würde sich ausserhalb des geometrischen Schattens in gleicher Weise wiederholen, nur mit dem Unterschied, dass an der Schattengrenze die dunkle Erscheinung zwei Räume nach einander umfasst. Würde aber der Berg feststehen und der Beobachter sich auf der Ebene gk fortbewegen, so würde er nach jeden 0,712 Metern einer hellen oder dunklen Stelle begegnen.

108. Beständе nun ferner die Sonne statt aus einem, vielmehr aus einer stetigen Reihe parallel zu ww_1 neben einander liegender rother Punkte von 30 Minuten Breite, so gilt offenbar für jeden dieser Punkte das, was so eben für einen nachgewiesen wurde. Da nun aber jedes Maximum vom nächstfolgenden Minimum nur um $\frac{1}{2500}$ Sekunde absteht, so folgt daraus offenbar, dass die bezüglichen Maxima und Minima jeder zwei Punkte der Sonne auf einander fallen, welche (von der Erde oder vom Monde aus gesehen) einen scheinbaren Abstand gleich $\frac{1}{2500}$ Sekunde haben, oder mit andern Worten, es würde kein plötzlicher Lichtwechsel mehr sichtbar sein, sondern es ergäbe sich nur eine Verminderung des Lichtes durch die Gegenwart und nach der Richtung des Berges, — vorausgesetzt, dass man ein Mittel hätte, alles direkte Licht

vom Beobachter abzuhalten. Wird der Berg breiter, als es das hier gewählte Beispiel verlangt, so vermehren sich in demselben Masse die dunklen Stellen für jeden einzelnen Punkt, es wird also auch die Gesammt-Lichtstärke in gleichem Masse vermindert.

Eine wesentliche Änderung in der gewonnenen Anschauung tritt voraussichtlich nicht ein, wenn anstatt eines jeden einzelnen Punktes ein leuchtender Streifen substituirt wird, der parallel zur Achse des Berges steht, und deren Gesammtheit dann die Sonnenscheibe darstellt.

109. Bei einer Übertragung der für rothes Licht gewonnenen Anschauungen auf andere Farben, z. B. auf das äusserste Violett *H*, für welches $\lambda = 0{,}0003963^{mm}$, ergiebt sich, $n = 1$ gesetzt,

$$\varphi = \frac{1}{4306} \text{ Sekunden,}$$

und

$$y = 0{,}409^{m}.$$

Würde also die Sonnenscheibe nur violettes Licht spenden, so fielen die Maxima aller Stellen derselben auf die Minima derjenigen Stellen, die, von der Erde aus gesehen, um $\frac{1}{4306}$ Sekunde von einander abstehen. Aus dem Vergleich dieser Zahl mit der analogen für Roth ergiebt sich aber, dass weit mehr — fast noch einmal so viel violettes Licht durch Interferenz verschwindet, als rothes.

110. Eine Verallgemeinerung dieses speciellen Beispieles lehrt unzweifelhaft, dass die von der Sonne stammenden, an einem Mondrandberge vorbeistreifenden und in Folge der daselbst erlittenen Beugung scheinbar von diesem ausgehenden Lichtstrahlen in Folge der Interferenz eine Schwächung erleiden, welche in demselben Masse zunimmt, als die Wellenlängen der verschiedenen Farben kleiner werden.

111. Da nun die Sonne ursprünglich weisses Licht aussendet, folgt daraus unmittelbar, dass der rothe Antheil desselben durch Interferenz die geringste Einbusse erleidet, alle brechbareren Strahlen eine grössere, bis endlich der violette Antheil eine fast doppelt so grosse Schwächung erfährt, als der rothe. Nothwendigerweise muss also das von der weissen Quelle stammende und in Folge der Beugung am Mondrand-

berg scheinbar von diesem ausgehende Licht roth erscheinen.

112. Noch immer wird aber die Voraussetzung gemacht, dass das von den einzelnen Sonnenpunkten kommende Licht das Auge des Beobachters nicht direkt treffen soll, indem nur unter diesen Umständen die Intensität des am Mondrandberg gebeugten Lichtes gross genug ist, um überhaupt wahrgenommen zu werden. Nun ist aber gar kein Grund vorhanden, warum das bisher nur für die Ebene der Figur durchgeführte nicht eben so gut seine Gültigkeit haben soll für diejenigen Strahlen, welche von den beiden Seiten des Mondberges in den Kernschatten des Mondes hineingebeugt werden und erst im Auge des dort stationirten Beobachters interferiren. Unter diesen Umständen wird aber offenbar die geforderte Bedingung im vollen Masse erfüllt.

113. Mehr noch: Oben wurde gezeigt, dass auch das Licht der Krone einen grösseren Antheil minder brechbarer Strahlen haben müsse, als das direkte Sonnenlicht, indem die Schwächung durch Interferenz für die einzelnen Farben den Quadratwurzeln der Wellenlängen proportional sei. Unläugbar addirt sich die hieraus entstehende Färbung zu der eben nachgewiesenen und aus der Beugung an den Bergabhängen allein hergeleiteten. Und somit muss das scheinbar vom Berg herkommende und das Auge des im Kernschatten befindlichen Beobachters treffende Licht viel röther sein, als das der umgebenden Krone.

114. Verschwindet aber auch von dem aus der Richtung des Berges kommenden Licht ein grösserer Procentgehalt, als von dem der allgemeinen Krone, so kann es doch aus dem schon oben bei Gelegenheit der „Strahlen“ angeführten Grunde immerhin absolut stärker sein, als dieses. Während nämlich das Licht des Berges herrührt von einer an seinem ganzen Umfang bewirkten Beugung, würde bei dessen Abwesenheit das an seiner Stelle auftretende Kronenlicht blos von einer Beugung an seiner Basis abstammen. Ohne auf nähere Details eingehen zu wollen, erklärt sich hieraus eine Bemerkung, welche u. A. *Fearnley* *) machte, und welche dahin geht, dass die Protuberanzen heller erscheinen,

*) Vergl. *Busch*, tot. Sonnenfinsterniss v. 1851, Königsberg 1852, S. 26.

als die umgebende Krone, sowie die schon oben angeführte Äusserung *Good*'s, dass die Protuberanzen sich scheinbar diesseits der Krone befänden. Nebenbei kann nicht unterlassen werden, darauf hinzudeuten, dass die entgegengesetzten Beobachtungen hätten gemacht werden müssen, wenn die Krone eine Photosphäre und die Protuberanzen innerhalb derselben befindliche, von der Sonne ausgestossene Dunstmassen sein sollten. Jedenfalls müssten dann letztere innerhalb der ersteren sich darstellen und es müsste ihr Licht durch das der umgebenden weissen Hülle abgeblasst erscheinen.

115. Wir gingen bei der Erklärung der rothen Hervorragungen davon aus, dass die sie erzeugenden Mondrandberge dem unbewaffneten Auge, ja einer 300maligen Vergrösserung entschwinden sollen. Folgen wir auch der Annahme, dass das die rothe Interferenz-Erscheinung veranlassende Licht aus einigem Abstand von den Berggrenzen herkommt, so wird sich doch eine unmittelbare Sichtbarkeit derselben noch immer nicht füglich mit jener Voraussetzung in Einklang bringen lassen. Die Erklärung findet sich aber nach Analogie dessen, was uns schon früher als wahrscheinlich entgegentrat. Indem nämlich alle Theilchen der atmosphärischen Luft, welche sich in der Nähe der Gesichtslinie des Beobachters zum Berg befinden, wesentlich gleichen Bedingungen unterworfen sind, wie jener selbst, so werden sie ebenfalls mit rothem Lichte beleuchtet. Und dieses reflektiren sie um so leichter, je weniger sie von der Gesichtslinie abstehen. Der Erfolg ist, dass man je nach der Lichtstärke eine mehr oder weniger ausgedehnte rothe Erscheinung erblickt, die sich gegen den Himmel in dessen Ebene projizirt. Diese Erklärung schliesst ein Übergreifen der rothen Erscheinung in die dunkle Mondscheibe nicht aus, welches u. A. von *Parès*, sowie von *Bayma* im Jahre 1842 nach *Secchi*'s Mittheilung und von *Billerbeck* 1851 nach *Schmidt*'s Mittheilung gesehen worden ist. In Übereinstimmung mit der Beobachtung und entsprechend der den Protuberanzen zukommenden grösseren Lichtstärke muss dieses Übergreifen ein stärkeres sein, als das eben näher erwogene der Krone. Nach der topographischen Hypothese müsste aber jene Beobachtung als eine falsche erklärt werden. Wird ferner die Erscheinung der Protuberanzen eine Funktion von der Farbe und Beschaffenheit der Luft, so resultirt daraus jeden-

falls eine Modifikation des ursprünglichen Roth. In Wahrheit hat man, wie eben mitgetheilt wurde, blaue und violette Streifen beobachtet; ja es ist eben wegen der bläulichen Nuance das Licht einzelner Protuberanzen mit pfirsich-blüthfarben bezeichnet worden.

116. Bisher haben wir immer dieselbe Breite für die ganze Ausdehnung der Mondrandberge stillschweigend vorausgesetzt, obschon nicht anzunehmen ist, dass sie die Gestalt von vertikalen Säulen hätten, vielmehr möchten sie im Allgemeinen wie andere Berge nach oben spitz verlaufen. Hieraus erklären sich aber die Eigenthümlichkeiten in der Gestalt der Protuberanzen folgendermassen. Aus dem Obigen geht hervor, dass das Licht, welches am schmaleren Gipfel vorbeistreift, für eine viel geringere Menge von Sonnenpunkten durch Interferenz ausgelöscht wird, als das, welches an der breiteren Basis vorbeigeht; denn es ist ja die Häufigkeit des Verlöschens dem Winkel φ umgekehrt, also der Breite des schmalen Gegenstandes direkt proportional. Dies heisst nun nichts Anderes, als dass eine geringere Schwächung, also eine grössere relative Stärke der vom Gipfel scheinbar ausgehenden rothen Beleuchtung zugestanden werden muss, als der von der Basis herkommenden. Ist das aber der Fall, so werden Lufttheilchen, die vom Gipfel her ihr rothes Licht empfangen, weiter von der direkten Gesichtslinie des Beobachters zum Berge abstehen können, um noch wirksames Licht in sein Auge zu reflektiren, als die von der Basis beleuchteten. Die rothe Erscheinung muss sich also im Allgemeinen nach oben, d. i. nach derselben Richtung, verbreitern, nach welcher der Berg schmäler wird. Indem aber eine gleiche Neigung der rechten und linken Seite gegen die Axe der Mondrandberge nicht für alle Fälle wahrscheinlich ist, kann auch eine gleiche Ausbreitung der rothen Erscheinung nach Rechts und Links nicht nothwendige Bedingung sein. Vielmehr wird es sich oft wiederhohlen, dass bei einem steileren Abhang auf der rechten Seite die rothe Erscheinung sich oben weit nach Rechts ausbreitet, und dann gewinnt sie das Ansehen des vielbesprochenen Hakens von 1851 oder der hängenden Berge von 1842. Ist der linke Abhang der steilere, dann breitet sich die rothe Erscheinung nach Links aus, wie z. B. bei einer 1851 von *Schmidt* in Rastenburg auf der Westseite gesehenen und nordwärts gekrümmten

und bei einer 1858 auf der Südseite gesehenen und westwärts gekrümmten Protuberanz. — —

117. Zunächst mag das Schwinden der Protuberanzen auf der Ostseite und das Wachsen derselben auf der Westseite nach der optischen Theorie Erklärung finden. Bevor dies jedoch geschieht, mögen zur besseren Orientirung ein paar Bezeichnungen vorangeschickt werden. Wir wollen nämlich eine radiale und eine tangentiale Ebene unterscheiden. Unter ersterer sei eine Ebene zu verstehen, welche durch das Auge eines im Kernschatten befindlichen Beobachters und durch einen, die Axe eines (regelmässigen) Randberges enthaltenden Mondradius gelegt werden kann; eine tangentiale Ebene mag dagegen eine solche sein, welche den regelmässig kreisförmig gedachten Mondumfang an der Stelle des Berges berührt und das Auge des Beobachters ebenfalls enthält. Das in der Richtung der Kreuzungslinie dieser beiden Ebenen und aus deren Nachbarschaft durch Reflexion an den Lufttheilchen dem Beobachter zugesandte Licht enthält nun im Allgemeinen vorzugsweise viel Roth, nimmt jedoch wegen derjenigen Beugung, die auch das Licht der Krone erleidet, an Intensität in bedeutendem Masse ab, wenn die Sonne sich hinter dem Monde von der tangentialen Ebene entfernt. In dem Masse aber, als sich die Intensität dieses Lichtes vermindert, wird auch der Winkel-Abstand von der Kreuzungslinie beider Ebenen für diejenigen Lufttheilchen ein kleinerer, welche das Licht in wirksamer Weise nach dem Auge des Beobachters zu reflektiren vermögen. Der Erfolg ist also offenbar eine allmälige Verminderung der Winkelgrösse der Protuberanz, wenn diese sich auf der Ostseite des Mondes befindet, denn hier entfernt sich die Sonne bei fortschreitender Finsterniss von der tangentialen Ebene. Umgekehrt muss eine Vergrösserung für die Protuberanzen der Westseite des Mondes eintreten, da hier sich die Sonne der tangentialen Ebene annähert. Da aber die Intensität des gebeugten Lichtes sich in stärkerem Masse ändert, als sich die Sonne hinter dem Monde verschiebt, und da das Wachsen und Schwinden hier als eine Funktion dieser Intensität dargestellt wird, erklärt sich das zwar in Abrede gestellte, aber durch unzweifelhafte Beobachtung konstatirte „stärkere Wachsen und Abnehmen der Protuberanzen, als die Verschiebung zwischen Sonne und Mond beträgt."

118. Ausser der Beugung in die tangentiale Ebene mussten aber die von den verschiedenen Punkten der Sonne kommenden Lichtstrahlen noch an den Bergabhängen gegen die radiale Ebene gebeugt werden, um das Phänomen der Protuberanzen zu veranlassen. Bleiben nun alle hierbei betheiligten Punkte der Sonne während des Verlaufs der Finsterniss genau in derselben Lage zu der radialen Ebene, wie das der Fall ist, wenn der ursächliche Randberg auf der Ost- oder Westseite des Mondes liegt, so ist kein Grund vorhanden, warum trotz der raschen Bewegung des Mondschattens auf der Erdoberfläche die Erscheinung der Protuberanzen noch eine weitere Änderung erfahren sollte, als die besprochene des Wachsens und Abnehmens. Anders ist es aber, wenn die Sonne während der Finsterniss ihre Lage gegen die radiale Ebene verändert und die gegen die tangentiale beibehält, wie das der Fall ist, wenn sich die ursächlichen Berge auf dem Nord- oder Südrand des Mondes befinden. Liegt nämlich beim Beginn der Finsterniss die grössere Anzahl der Sonnenpunkte links von der radialen Ebene, sind sie bald darauf symmetrisch zu derselben vertheilt, und ist nach abermals kurzer Zeit auf der rechten Seite die grössere Menge der leuchtenden Punkte zu suchen, so kann es nicht fehlen, dass derjenige Eindruck auch ein qualitativ verschiedener wird, welcher die von allen Sonnenpunkten her in diese Ebene gebeugten und in ihr zur Interferenz kommenden Lichtstrahlen hervorbringen. Hieraus erklärt sich der wiederholt beobachtete und eben näher beschriebene Mangel an Beharrlichkeit in den grösseren und kleineren Protuberanzen, welche am Nord- und Südrand des Mondes gesehen worden sind, das Wallen und Unduliren, ähnlich wie in geschmolzenem und erschüttertem Metall. Hier wachsen und schwinden aber die Protuberanzen nicht, denn die Lage der Sonne verändert sich nicht wesentlich gegen die tangentiale Ebene. So löst sich ein Einwand gegen die optische Theorie, dass nämlich die mit der grossen Geschwindigkeit des Mondschattens über die Erde sich bewegenden Interferenz-Erscheinungen einen bestimmten Eindruck auf das Auge nicht machen können. *)

Leiteten wir eine Unstetigkeit der Erscheinungen am Nord-

*) Briefliche Mittheilung.

und Südrand her von einer stetigen Änderung der radialen Ebene für ein und denselben Beobachter, indem für einen solchen die Finsterniss von Ost nach West verläuft: so müssen wir umgekehrt eine Verschiedenheit der Erscheinungen am West- und Ostrand in Anspruch nehmen für verschiedene Beobachter, welche in der Schattenzone von Nord nach Süd vertheilt sind. Und das stimmt auch mit der Erfahrung.

Bei verschiedenen Finsternissen endlich sind weder die Lagen der radialen, noch die der tangentialen Ebene genau dieselben, so dass sich schon hieraus allein eine Verschiedenheit im Charakter der Protuberanzen (und was ja wesentlich dasselbe ist: der Ausstrahlungen — № 78) erklären lässt. Dazu kommt aber noch die Libration, in Folge deren der Mond der Erde ein wechselndes Profil darbietet, und durch welche die Erwartung identischer Erscheinungen gänzlich abgeschnitten wird.

119. Die Intensität desjenigen roth gefärbten Lichtes, welches die Protuberanzen veranlasst, ist ferner eine wesentliche Funktion von der Höhe der ursächlichen Berge (deren Breite wir bisher nur in Anschlag brachten). Denn in dem Masse, als diese geringer wird, werden von den Abhängen auch weniger Strahlen gegen die radiale Ebene gebeugt. Halten wir nun das damit zusammen, dass alle hier zur Sprache gebrachten Erscheinungen auch wegen einer Vergrösserung des Winkels, um welchen die Strahlen in den Kernschatten gebeugt werden, wesentlich an Lichtstärke verlieren: so wird nicht bezweifelt werden, dass die durch niedrige Berge veranlassten Protuberanzen dem Beobachter in grossem Abstand von der Schattengrenze wegen Lichtschwäche entschwinden können, mit der Annäherung an dieselbe aber sichtbar werden. Hieraus erklärt es sich, dass kurz nach dem Beginn der Finsterniss am Ostrande des Mondes und kurz vor dem Ende derselben am Westrande die Protuberanzen nicht allein beträchtlichere Dimensionen zeigen, sondern dass auch die Zahl derselben eine grössere ist in dem Masse, dass sie sich sogar in Gestalt eines mit vielen rothen Punkten besetzten schmalen Streifens darstellen. Der rothe Streifen am Nord- und Südrand des Doppelgestirnes, den Beobachter an der Nord- und Südgrenze der totalen Zone wahrnehmen, gehört ebenfalls hierher.

120. Noch sind die vom Mondrand losgelösten, die 1858 in

Brasilien gesehenen fast weissen Protuberanzen und der weisse Saum zu erklären, der mehrfach in den Grenz-Momenten der totalen Phase unter dem rothen Saum am Ost- und Westrande des Mondes gesehen worden ist. Alle diese Erscheinungen glaube ich nur als Modifikationen der gewöhnlichen rothen Protuberanzen ansehen zu müssen, welche den Übergang bilden zu den schon früher behandelten Strahlen der Krone.

Nach den obigen Erörterungen hat das rothe Licht der gewöhnlichen Protuberanzen eine doppelte Ursache. Es wird nämlich einmal dadurch veranlasst, dass die von den Mondrandbergen in die radiale Ebene gebeugten Sonnenstrahlen um so weniger durch Interferenz verlöschen, je mehr sie der rothen Seite des prismatischen Spektrums angehören; und ausserdem wird jenes Licht noch stärker dadurch geröthet, dass es gleich dem Licht der Krone eine Beugung erfährt, in Folge deren es sich in der tangentialen Ebene dem Beobachter zubewegt. Diesen beiden Ursachen entsprechend, ist die Aufgabe durch den Nachweis zu lösen, dass das rothe Licht der Protuberanzen um so vollkommener sich dem weissen Lichte nähert, 1) je breiter die ursprünglichen Mondrandberge werden und 2) je kleiner der Winkel ist, den die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen mit der tangentialen Ebene machen, oder was dasselbe ist, je näher sich der Beobachter an der Grenze des Kernschattens befindet.

121. Zuvörderst mag daran erinnert werden, dass das Licht, welches in oder sehr nahe von der radialen Ebene auf der Sonne entspringt, nach der Beugung an den Bergabhängen ohne Gangdifferenz beim Beobachter ankommt, welcher Farbe es auch angehören mag. Dasselbe erscheint also, eben weil kein Theil durch Interferenz verlöscht, weiss, oder vielmehr in der Farbe der Krone, da es gleich dem Lichte dieser noch einer Beugung in die tangentiale Ebene unterfällt. Die rothe Farbe der Protuberanzen rührt aber nur daher, dass zu jenem Weiss noch Licht von der rechts und links gegen die radiale Ebene liegenden Sonnenpunkten kommt, welches aus den oben näher entwickelten Gründen roth gefärbt ist. Nun wurde gezeigt, dass schon bei einer Breite des ursächlichen Mondrandberges von 147 Metern 2500 von allen denjenigen rothen Strahlen durch Interferenz zum Verschwinden gebracht werden, welche von den im Raum einer Bogen-

sekunde liegenden Sonnentheilchen herrühren und dass mit zunehmender Breite des Berges und verminderter Wellenlänge des Lichtes eine noch grössere Menge von Strahlen zum Verlöschen gebracht wird. Es ist also leicht abzusehen, dass von einer gewissen Breite des Berges ab schon so viel vom rothen Antheil des Sonnenlichtes verschwindet, dass sogar dieses und um so mehr noch die brechbareren Antheile unwirksam werden. Unter solchen Umständen bleibt aber nur noch jener erster Antheil des in der radialen Ebene sich zum Beobachter bewegenden Lichtes übrig, und die Protuberanz unterscheidet sich nicht mehr in der Farbe, sondern höchstens nur noch in der Intensität von dem umgebenden Licht der Krone.

Was den zweiten Punkt — nämlich die Abhängigkeit der grösseren Weisse von der geringeren Neigung des von der Sonne kommenden Lichtes gegen die tangentiale Ebene — betrifft, so müssen wir uns die Erörterungen wieder vergegenwärtigen, welche wir bei Erklärung der Farbe der Krone pflogen. Diesen zufolge wurden unmittelbar an der Grenze des Kernschattens die in denselben gebeugten Strahlen aller Farben in gleichem Masse geschwächt und mussten somit in ihrer Gesammtheit sich wieder zu Weiss zusammensetzen. Was hier gilt, ist aber in gleichem Masse in Anspruch zu nehmen für denjenigen Antheil der Färbung, welchen die Protuberanzen einer Neigung der Sonnenstrahlen gegen die tangentiale Ebene vor der Beugung in den Kernschatten zu danken haben. Je geringer diese Neigung ist, je näher sich also der Beobachter an der Grenze des Kernschattens befindet, um so vollkommener geht auch aus diesem Grunde das Licht der Protuberanzen breiterer Berge in weisses Licht über.

122. Diese allgemeinen Ergebnisse lassen sich nun leicht auf die vorgeführten specielleren Erscheinungen übertragen. Hat zunächst der Randberg die kegelförmige Gestalt, die wir überhaupt an Mondbergen zu beobachten gewohnt sind, so ist seine Basis breit, sein Gipfel schmal, der Antheil der von der Basis gebildeten Protuberanz wird also mit dem Ende der totalen Verfinsterung viel früher zu Weiss abblassen und im gleichfarbigen Lichte der Krone verschwinden, als der, welchen die Spitze verursacht. Die schon erörterten Gründe für das Wachsen der Protuberanzen werden aber durch die jetzigen Deduktionen nicht alterirt. So

lange als die Protuberanz noch klein ist, zeigt sie sonach blos die rothe Farbe, welche vom Gipfel des Berges herrührt, denn dieses Licht zeichnet sich sowohl durch die Farbe vor der Umgebung aus, als auch durch die Intensität; es ist ja noch intensiver, als das von der Basis kommende, indem es ausser dem weissen Antheil noch den rothen besitzt, der bei letzterem verlöscht. Bei weiter fortschreitendem Wachsen wird aber die weisse Basis von dem rothen Gipfel unterscheidbar — und so entstehen die vom Mondrand losgelösten Protuberanzen, die isolirten Wolken. Vergleicht man hiermit z. B. die Zeichnungen, welche *Schmidt* in seinen „Beobachtungen der totalen Finsterniss von 1851 zu Rastenburg“ giebt, so dürfte sich eine grössere Übereinstimmung des Gesehenen mit diesem theoretischen Nachweise kaum wünschen lassen. Mit dem Fortschreiten der totalen Phase, mit zunehmender Grösse der westlichen Protuberanzen wird die Basis der nochmals isolirten Wolke sowohl, wie des benachbarten Hakens immer weisser. In der dortigen Figur 3 ist schon der Zwischenraum zwischen der Wolke und dem Mondrand der umgebenden Krone gleich und in Figur 4 hat sich auch der rothe Antheil des Hakens von dem Mondrand losgelöst.

Diese Figur stellt nämlich ausser jenen Gebilden auch noch den weissen schmalen Streifen dar, welchen *Schmidt* nebst Andern unmittelbar vor dem Wiedererscheinen der Sonne unter dem rothen beobachtete. Wurden wir nun genöthigt, den rothen Streifen als eine kontinuirliche Anzahl sehr kleiner erst gegen Ende der Totalität sichtbar werdender Protuberanzen zu erklären, so müssen wir konsequenter Weise den darunter befindlichen weissen Streifen als deren weisse Basis betrachten, analog der weissen Basis der losgelösten Wolken.

123. Haben wir so die Überzeugung gewonnen, dass der Beobachter die Protuberanzen um so weisser erblickt, je mehr er sich der Schattengrenze des Mondes annähert, so wird er sie offenbar während der ganzen Dauer der Finsterniss weiss oder nur wenig gefärbt sehen, wenn er sich während derselben überhaupt nicht weit von der Schattengrenze entfernt. Und das war 1858 in Brasilien der Fall, wie sich schon daraus entnehmen lässt, dass die Dauer auf der Centralstation nur etwa $1^m 12^s$ betrug, während

sie sich z. B. bei der Finsterniss von 1851 auf $3^m 19^s$ (*Struve* in Lomsa) belief.

124. Alle im Vorangehenden gegebenen Herleitungen stellen keineswegs in Abrede, dass die Protuberanzen auch noch einige Zeit nach dem Wiederhervortreten der Sonne hinter dem Mondrand gesehen werden können und zwar so lange, als ihr schwaches Licht noch nicht in dem ungleich stärkeren direkten Licht des ersten Sonnenrandes verschwindet. So berichtet z. B. *v. Littrow*, dass die von ihm mit № 5 und der Position 225° bezeichnete Protuberanz von 1851 noch 10 Sekunden nach dem Wiederhervortreten der Sonne habe gesehen werden können. Aus dem zunächst Vorstehenden lässt es sich aber unmittelbar ableiten, wenn er hinzufügt, dass von jenem Moment an „die Farbe der Protuberanz nach und nach bis zu einem fahlen Grau verblasste". Ganz Ähnliches erinnere ich mich gesehen zu haben, als ich den Haken von 1851 noch nach dem Wiederauftreten der Sonne bis zu seinem Verschwinden verfolgte.

125. Nicht unerwähnt darf hier eine Mittheilung von *Necker* *) bleiben, der zufolge ein sich kurz vor Sonnenaufgang im Schatten eines mit Baumwerk bedeckten Hügels befindender Beobachter nahe an der Grenze von dessen Schatten die Zweige und Blätter des Baumwerks nicht opak auf den Himmel projizirt erblickte, sondern im Gegentheil silberweiss und glänzend, wie wenn die ganze Vegetation aus dem allerschönsten matten Silber gearbeitet wäre. In ähnlicher Weise sah *Poggendorff* **) die dünnen Fäden in den Mikroskopen seines Barometers silberglänzend, wenn der erleuchtete Theil der Quecksilberkuppe hinter diesen stand und das Auge in schiefer Richtung entweder von oben oder von unten oder von der Seite her in das Okular blickte. Die Analogie dieser Beobachtungen mit den Erscheinungen der weissen Protuberanzen liegt zu sehr auf der Hand, als dass sie näher nachgewiesen zu werden brauchte.

126. Was nun die Intensität des Lichtes der Protuberanzen im Verhältniss zu dem der umgebenden Krone betrifft, so sind bei derselben offenbar zwei Faktoren von wesentlichem Einfluss.

*) *Poggendorff*'s Annalen, Bd. 27, S. 497 (1833).

**) Dessen Annalen, Bd. 42, S. 516 (1837).

Das Licht der Krone erleidet dieselbe Beugung wie das der Protuberanzen und bewegt sich in Folge derselben nachmals in der Tangential-Ebene der Erde zu. In Folge dessen werden also beide in gleichem Masse geschwächt. Nun wird aber das Licht der Protuberanzen überdem noch von beiden Bergabhängen gegen die radiale Ebene gebeugt. Ist nun der Winkel, um welchen es in Folge dessen von der graden Richtung abweicht, ein grösserer, ist also der Berg breiter, so wird auch dadurch die Intensität vermindert. Weil aber das Licht der Protuberanzen von beiden Bergabhängen herrührt, während das der Krone bei Abwesenheit des Berges an dessen Stelle nur von seiner Basis ausgehen würde, so ist blos in Hinsicht auf diesen Grund das Licht der Protuberanzen intensiver, als das Licht der benachbarten Krone. Beide Ursachen haben sonach entgegengesetzte Wirkung und es kann somit der Fall eintreten, dass beide sich aufheben, also das Licht der Protuberanz dieselbe Intensität hat, als das der umgebenden Krone. Hat nun überdem die Protuberanz dieselbe Farbe wie die Krone, dann muss sie vollständig verschwinden.

127. Als wir die Umstände näher in's Auge fassten, unter denen die Protuberanzen einem der Grenze des Kernschattens nahen Beobachter die Farbe der Krone zeigen, nahmen wir noch immer an, dass sie von schmalen und niedrigen Bergen herrühren, die ein paar Hundert Meter nicht übersteigen. Es ist aber bekannt, dass über den Mondrand Berge von mehreren Tausend Metern hervorragen, denen dann auch eine in analogem Masse breitere Basis zukommt.

Konnten nun die von kleineren Bergen herrührenden Protuberanzen sich durch grössere Intensität von der umgebenden Krone unterscheiden, so ist es sehr denkbar, dass der Antheil einer Protuberanz, welcher von der Basis dieser grösseren Berge herrührt, sich auch nicht mehr durch die Lichtstärke, also durch gar nichts mehr von der umgebenden Krone unterscheidet, in ihr also vollständig verschwindet. Derjenige Antheil dagegen, welcher von den höheren Regionen des Berges erzeugt wird, liefert im Allgemeinen immer noch weisses Licht, welches von einer gewissen Höhe ab intensiver ist als die umgebende Krone. Es bildet sich also eine weisse Erscheinung in einigem Abstand von dem dunklen Mondrande — es bildet sich eine Ausstrahlung der Krone, her-

rührend von hohen Bergen, während die gewöhnlichen Protuberanzen niederen Bergen ihren Ursprung verdanken. Die Theorie jener ist oben ausführlicher behandelt.

128. Künstliche Nachbildung der Protuberanzen. Gelang es auch, die Krone im Laboratorium ohne Schwierigkeit nachzubilden, so musste ich doch bald zu der Überzeugung kommen, dass bei dem bisher für Versuche mit direktem Sonnenlicht mir zur Verfügung gewesenen Raum von wenig über 10 Meter Länge eine künstliche Darstellung der Protuberanzen nicht gelingen würde. Eine Beobachtung mit freiem Auge ist unthunlich wegen der wohl in jedem Auge entstehenden Unregelmässigkeiten beim Beobachten beträchtlicher Lichtdifferenzen, wozu die im dunklen Raum darzustellende Krone jedenfalls viel Veranlassung giebt. Bedient man sich aber eines Fernrohrs, so verschwinden die Dimensionen von dessen Objektiv so wenig gegen den Abstand vom verfinsternden Körper, dass eine genügende Annäherung an die Schattengrenze nicht möglich wird, um einen so kleinen Beugungswinkel des Sonnenlichtes in den Schatten zu gewinnen, als zum Sichtbarwerden der Protuberanzen nöthig ist. Nun bot das im verflossenen Sommer vollendete Universitäts-Krankenhaus einen von Ost nach West gerichteten, etwa 45 Meter langen Korridor dar, der möglicher Weise die erforderlichen Bedingungen bieten könnte. Doch kaum waren die sehr umständlichen Vorbereitungen behufs nöthiger Verfinsterung und Aufstellung des Heliostaten vollendet, als der Zutritt durch Ausbruch der Cholera in jenen Räumen unmöglich wurde. Die nachmals eingetretene trübe Witterung und der immer niedrigere Stand der Sonne bedingten eine Vertagung der Versuche auf ein anderes Jahr.

Nachschrift.

129. Zum Schluss mögen nochmals diejenigen Gesichtspunkte zusammengestellt werden, welche als entscheidende Proben für die verschiedenen Ansichten über die im Vorstehenden behandelten Sonnenfinsterniss-Erscheinungen gelten können. Möchte die im nächsten Sommer bevorstehende totale Finsterniss Gelegenheit bieten, diese Angaben mit in den Kreis der Beobachtungen einzuschliessen:

Im Allgemeinen muss für eine Entscheidung der hier aufzuwerfenden Fragen eine Vertheilung der Beobachtungs-Stationen senkrecht zum Weg der centralen Verfinsterung, wie solches schon 1858 von der brasilianischen Kommission geschah, eine grössere Ausbeute geben, als die bisher vorgezogene Vertheilung in der Richtung dieses Weges selbst.

Verschiedenfarbige Gläser kann man auf einen gleichen Grad von Durchsichtigkeit prüfen, wenn man schmale rein weisse Streifen auf schwarzem Grunde durch alle in gleichem Abstand verschwinden sieht. Betrachtet man durch solche Gläser die Krone, und erscheint dieselbe durch ein rothes Glas weiter ausgedehnt als durch ein blaues oder violettes, so darf dies als Beweis dienen, dass in dem Licht der Krone ein grösserer Antheil Roth als Blau oder Violett enthalten ist (35). Hat der innere Theil der Krone eine andere Farbe als der äussere (34), so lässt sich wenigstens durch einen Wechsel der Intensität dieser Theile beim Betrachten durch verschiedenartige Gläser darüber Aufschluss gewinnen. Beobachtungen der Krone durch ein Prisma möchte nur sehr geübten Experimentatoren anzuempfehlen sein (35).

Häufig ist in dem Kronenlicht, sowie in dem der Protuberanzen und namentlich der rothen Säume eine flimmernde Bewegung wahrgenommen worden (31, 98, 118). Es würde sehr interessant sein, wollte man darauf achten, ob diese Bewegung vorzugsweise auf der Nord- und Südseite, oder ob sie im ganzen Umkreis des Doppelgestirnes stattfände.

Genauere Messungen des Monddurchmessers während der totalen Phase würden ohne Zweifel von grosser Bedeutung für die Beantwortung der Frage sein, ob das Kronenlicht nach innen über den Mondrand greift (30). Doch dürften dieselben schwerlich möglich sein, wenn die Beobachtung nicht von einer Sternwarte aus angestellt werden kann.

Die von *Liais* gefundene schwache Polarisation des Kronenlichtes (39) in Ebenen senkrecht zur Tangente am Mondrand bedarf der Bestätigung, ist aber um so wichtiger, als sie einen entscheidenden Beweis für die optische Theorie abgiebt.

Namentlich für die Regionen der partiellen Phase ist eine Untersuchung des Sonnenlichtes bei verschiedenen Breiten der freibleibenden Sonnensichel mit Prisma und Fernrohr auf die

Frauenhofer'schen Linien und die Ausbreitung der verschiedenen Farben sehr zu empfehlen (43).

Die auf einer Station specieller beobachteten Veränderungen an den Kronen-Ausstrahlungen haben schon richtige Aufschlüsse über deren Natur gegeben (69). Aus den über dieselben gepflogenen Erörterungen geht aber hervor, dass gleichzeitige und vorher verabredete Beobachtungen auf verschiedenen senkrecht zum Weg der centralen Verfinsterung liegenden Stationen noch ungleich ergiebiger sein dürften (78). Am zweckmässigsten sind diese Beobachtungen mit einem Opernglas von grosser Lichtstärke oder auch mit blossem Auge anzustellen und durch unmittelbare Aufzeichnung zu fixiren. Ein einigermassen langes Fernrohr (sogar ein gewöhnliches Reisefernrohr) ist hierzu aus nahe liegenden Gründen unzweckmässig.

Die Veränderungen in den Gestalten und Farben der östlichen und westlichen Protuberanzen (103) sind dagegen am zweckmässigsten mit grösseren Fernröhren zu beobachten. Auch hier werden verabredete Beobachtungen auf Stationen, die quer über den Schattenstreifen vertheilt sind, Aufschlüsse geben, die wir noch nicht besitzen. Sind die Protuberanzen Anhängsel der Sonne, so müssen sie von rechts und links dasselbe Aussehen darbieten, wie von der Mitte des Schattenkegels. Sind es aber optische Erscheinungen, so ist eine Verschiedenheit der grössern wenigstens unter diesen Bedingungen möglich, sogar wahrscheinlich, wogegen sie ein gleiches Ansehen bieten müssen allen Beobachtern auf dem Wege der Axe selbst (vorausgesetzt, dass sich der Abstand von Mond und Erde mittlerweile nicht wesentlich ändert) (86).

Beobachter auf den Grenzen des Schattenstreifens können entscheiden, ob die Protuberanzen der Nord- und Südseite des Mondes sich vorwärts bewegen in dem Masse, wie sich die Sonne hinter dem Monde bewegt, oder nicht. Bis jetzt ist das erstere Verhalten keineswegs erkannt worden (u. a. *Dawes* 98). Das an den rothen Säumen gesehene Wallen hat aber nach den bisherigen Mittheilungen die entgegengesetzte Richtung gehabt (das.).

Genaue Messungen über das Wachsen der westlichen Protuberanzen im Vergleich mit der Bewegung der Sonne hinter dem Monde verdienen wiederholt zu werden. Die bisherigen Beobachtungen haben gezeigt, dass jene Veränderungen den Verschiebungen

nicht gleich sind, sondern stets in stärkeren Progressionen von statten gingen (u. a. 16). Möchten ähnliche Messungen auch über das Schwinden der östlichen Protuberanzen angestellt werden, und womöglich an denselben Stationen die Messungen gleichzeitig an den östlichen und westlichen Protuberanzen geschehen. Würde sich dann herausstellen, dass die einen in stärkerem Masse wachsen und die anderen in stärkerem Masse schwinden als die gegenseitige Verschiebung von Sonne und Mond beträgt: so stände eine neue Erklärung des Umstandes seitens der Vertreter der topographischen Hypothese zu erwarten, warum die zu Grunde gelegten Anhängsel der Sonne gerade zur Zeit dieser Messungen die dazu nöthigen symmetrischen Änderungen in ihrer absoluten Ausdehnung erlitten hätten.

Bisweilen ist beobachtet worden, dass das rothe Licht der Protuberanzen rückwärts über die dunkle Mondscheibe übergreift (115). Eine Bestätigung dieser Angabe wäre wahrscheinlich nur mit sehr lichtstarken, wenn auch schwach vergrössernden Beobachtungsmitteln, etwa mit Operngläsern zu erlangen, wäre aber um desswillen sehr wichtig, weil eine Erklärung derselben durch die topographische Hypothese noch nicht abzusehen ist.

Ebenfalls mit schwach vergrössernden Beobachtungsmitteln würden sich leicht die Protuberanzen in Bezug auf ihre Lichtstärke vergleichen lassen mit der Krone. Die bisherigen Beobachtungen haben wahrscheinlich gemacht, dass die ersteren lichtstärker sind als die letzteren.

Sind die Protuberanzen Anhängsel, und ist die Krone eine Photosphäre der Sonne, dann muss letztere die ersteren umgeben, die Protuberanzen müssen sich also als von der Krone überschleiert dem Auge darbieten. Anders ist es, wenn beide durch Beugung, Interferenz und Reflexion von untereinander verschiedenen Sonnenstrahlen an verschiedenen Stellen des mehr oder weniger unebenen Mondrandes und an den Theilchen der atmosphärischen Luft entstehen. Im letzten Falle würden sie den Anschein bieten, als ob die Protuberanzen in den ausgebreiteten Schleier der Krone eingewirkt wären oder auf demselben lägen. Letzteres ist schon wiederholt bemerkt werden, ist jedoch auf's Neue der Aufmerksamkeit der Beobachter anzuempfehlen (114).

Greifswald, 30sten Januar 1860.

Die Astronomie des Alterthums und des Mittelalters im Verhältniss zur neueren Entwickelung.

Ein öffentlicher Vortrag, gehalten im wissenschaftlichen Verein zu Berlin,

von

Dr. *W. Förster.*

Die Astronomie des Alterthums und des Mittelalters im Verhältniss zur neueren Entwickelung dieser Wissenschaft darzustellen, ist die Aufgabe, welche mir heute vorliegt.

Gestatten Sie mir zunächst einige Worte über die Stellung eines Astronomen zu einer solchen Aufgabe.

Gegenüber der eigenthümlichen Schwierigkeit, rein astronomische Gegenstände in den Formen der öffentlichen Rede zu klarem, ansprechendem Verständnisse zu bringen, dürfte eine historische Behandlung der Astronomie ihre besonderen Vorzüge haben. Gelingt es ihr auch nicht, eine tiefere Einsicht in die Arbeit der Wissenschaft zu vermitteln, so vermag sie doch vielleicht eine freiere Aussicht über Wege und Ziel derselben zu eröffnen. Gelingt es ihr auch nicht, die Lösung der Probleme selbst befriedigender darzulegen, so vermag sie deren geschichtliche Entwikkelung doch vielleicht mit soviel anklingend Menschlichem zu verweben, dass Gedächtniss und Interesse einen lebendigen Anhalt gewinnen.

Diesen Vorzügen steht aber die Schwierigkeit entgegen, dass der Astronom auf dem Gebiete der Geschichtsforschung und Sprachkunde eigentlich nur ein Gast sein kann, dass er also, so unbestreitbar seine Berechtigung und seine Befähigung ist, das innere Werden seiner Wissenschaft selbstständig forschend und gestaltend zu durchdringen, ein Wagniss begeht, wenn er seine Resultate auf dem Schauplatz der gesammten Menschheits-Entwickelung, so zu sagen, in Scene setzen will.

Da nun die erschöpfende Darstellung meines heutigen Thema's ein solches Wagniss mit sich bringt, so bedarf ich als Astronom derjenigen Nachsicht des historischen Urtheils, die aus der Würdigung jener Schwierigkeiten hervorgeht.

Die Geschichte der Astronomie ist ein Feld, auf dem sich grosse Gegensätze der Anschauung geltend gemacht haben, grössere Gegensätze, als man nach der sonstigen Folgerichtigkeit und Klarheit dieser Wissenschaft erwarten sollte. Die Schuld davon trägt einerseits das Dunkel vieler Überlieferungen, andrerseits die eigenthümliche Leidenschaftlichkeit der Tendenzen, mit denen man vielfach bei ihrer Erforschung zu Werke gegangen ist.

Die Astronomie, als die älteste Erfahrungswissenschaft, ist nämlich in ihrer geschichtlichen Entwickelung ein überaus wichtiger Anhalt für die Geschichte des ganzen Menschengeschlechts, für die Frage von dem stetigen geistigen Fortschritt der Menschheit und für alle sittlichen und religiösen Überzeugungen, die mit der Beantwortung dieser Fragen in Zusammenhang stehen. Überall aber, wo es sich um solche Überzeugungen handelt, deren Hauptstärke in der Gefühls-Richtung des Individuums liegt, mischt sich ja die Leidenschaft in den Streit, und so hat sie auch aus dem stillen Bereiche der Urania nicht völlig verbannt werden können.

Als nämlich in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Europa mit Indien und seiner Litteratur in immer nähere Berührung zu treten begann, wurden die Astronomen Englands und Frankreichs mit Staunen gewahr, in welch hohes Alterthum die astronomischen Tafeln der Inder ihren anscheinend verbürgten Ursprung versetzten.

Ja, ein französischer Astronom, der Indien besuchte, fand zu seiner Überraschung, dass die Brahminen gewisse einfache Aufgaben der astronomischen Vorausberechnung, wenn auch nicht so genau, doch schneller lösten, wie er selbst.

Schon früher, in Beginn des 18ten Jahrhunderts, war man durch die Jesuiten, die als Missionaire in China lebten, von dem hohen Alterthum der astronomischen Cultur des himmlischen Reiches unterrichtet worden. Die Jesuiten hatten sich dort mit Ausdauer und Gelehrsamkeit zu dem Vorsitz des mathematischen Tribunals in Peking aufgeschwungen und in dieser Stellung die Astronomie der Chinesen von Grund aus kennen gelernt. Sie

fanden die sichere Überlieferung von einem respectabeln Stande dieser Wissenschaft schon um das Jahr 1100 vor Christo, aber die weitere Entwickelung war so überaus langsam gewesen, dass ihnen selbst die Hülfsmittel der europäischen Astronomie eine unbestreitbare Überlegenheit über die chinesischen Astronomen sicherten.

Alle diese Erinnerungen an ein hohes Alterthum astronomischer Cultur, welchem zum Theil keine entsprechende Entwickelung gefolgt war, trafen in Europa in eine Zeit, wo die Astronomen, durch *Newton* und *Leibnitz*, im frischen Besitz eines neuen und folgenreichen Naturgesetzes und eines neuen und fruchtbaren mathematischen Calculs von der Vergangenheit anscheinend fast völlig emancipirt und von der Schätzung alter Leistungen abgewandt waren.

Um so grösser war der Eindruck jener Nachrichten auf einzelne Geister.

In Frankreich traf er zusammen mit einem Überdruss an der verderbten modernen Cultur der Zeit und mit einer Sehnsucht nach dem goldenen Zeitalter eines entschwundenen glücklichen Naturzustandes der Menschheit, welcher *Rousseau* so beredte Worte geliehen hat.

Unter solchen Eindrücken entstand ein Geistesprodukt, welches zu den merkwürdigsten seiner Zeit gehört, die Geschichte der Astronomie von *Bailly*, dem Mann, den später in der Revolution als Maire von Paris ein so tragisches Schicksal traf.

Mit grosser historischer und astronomischer Gelehrsamkeit ausgerüstet, aber leider von einer unkritischen Vorliebe für romantische Lieblingsideen geleitet, versuchte *Bailly* in diesem Werke nachzuweisen, dass man in der astronomischen Cultur der ältesten Völker nicht die Keime einer werdenden, sondern die Trümmer einer entschwundenen Wissenschaft erkennen müsse, dass ein mit hoher Vollkommenheit ausgestattetes Urvolk, Kindheit und Reife der Menschheit verbindend, zugleich mit seiner Cultur durch eine Katastrophe verschwunden sei und der spätere Zustand des Suchens, Strebens und Forschens nur als mühsamer Aufbau auf den wenigen geretteten Trümmern der alten Weisheit erscheinen könne.

Das Buch hatte einen bedeutenden Erfolg und gewann erklärlicherweise eine gläubige Anhängerschaft von Laien und Gelehrten, so dass als nun in langsamerer Nachfolge die nüchterne Forschung

sich regte, jene Voraussetzungen und Folgerungen zu zersetzen begann und besonders das Alterthum und den Offenbarungs-Charakter der indischen Astronomie stark in Zweifel zog, sich ein Widerstand gegen sie erhob, der durch seine Leidenschaftlichkeit selbst ruhige Forscher, wie den Engländer *Bentley*, den tüchtigen Kenner der indischen Astronomie, völlig aus dem Gleichgewicht brachte. Die zum Widerspruch gereizte Forschung fing an, nicht blos kritisch zu verfahren, sondern zu kritteln. Nach der Vernichtung der Illusionen gab sie sich einer Bitterkeit gegen das Alte, masslos Vergrösserte hin, welche auch ihr den klaren Blick für das wahre Gesetz des Werdens raubte und sie in der Geschichte vielfach nur ein Gewebe verdriesslicher Irrthümer erblicken liess, wo das hellere Auge einen Organismus freier und natürlicher Entwickelung zu grossen Zielen erkennt.

Diese leidenschaftlichen Gegensätze sind jetzt zur Ruhe gelangt, man überschätzt oder unterschätzt die Leistungen der Vergangenheit nicht mehr, sondern man hat begonnen, sie zu würdigen und nachgestaltend zu verstehen.

Dennoch ist in der kritischen Richtung, welche die romantische gänzlich verdrängt und der natürlichen Geschichte der Menschen-Entwickelung wieder den Boden geebnet hat, noch immer eine gewisse Strenge gegen die Irrthümer der Alten zurückgeblieben, welche bei näherer Prüfung ungerechtfertigt erscheinen muss.

Das Verhältniss der Astronomie des Alterthums und des Mittelalters zur neueren Entwickelung ist nämlich am Natürlichsten und Treffendsten zu vergleichen mit der Reihenfolge der geistigen Vorgänge bei einer einzelnen wissenschaftlichen Untersuchung.

Sowie bei dieser der unbefangene Irrthum eine berechtigte Phase der Wahrheits-Entwickelung ist, sowie nach der sorgfältigen, tendenzlosen Auffassung der Erfahrung die vorläufige Annahme unerwiesener Erklärungen, sodann die Erprobung oder Widerlegung derselben an der bewussteren Erfahrung in einzelnen Untersuchungen die richtigen Stadien der Erkenntniss bilden, so hat auch in der Geschichte der Astronomie der Irrthum ganzer Entwickelungs-Perioden seine volle Bedeutung als ein nothwendiges Stadium des grossen Erkenntniss-Prozesses der Wissenschaft.

Wir verkennen aber leicht die grosse Analogie der geschichtlichen Entwickelung mit der des einzelnen Erkennens bei der

Betrachtung der Irrthümer ganzer Generationen einmal vielleicht, weil es uns dunkel schmerzt, den Prozess der Wahrheit sich nicht schon im Individuum vollziehen zu sehen, dann aber, wei der wissenschaftliche Irrthum in der That in den weiteren Kreisen des Geisteslebens, die er allmälig durchdringt, eine ganz andere Gestalt annimmt, als die, unter welcher er von den grossen Forschern selbst angeschaut und ausgesprochen wurde.

Während er im Innern der wissenschaftlichen Entwickelung fast stets den entwickelungsfähigen Charakter der vorläufigen, wahrscheinlichen Annahme getragen hat, für welche man von der eigenen Arbeit und von der der Zukunft die Erprobung erwarten musste, nahm der Irrthum in den weiteren Kreisen der Schule und in den noch weiteren des Lebens von jeher den Autoritäts-Charakter der hartnäckigen, unumstösslichen und anmasslichen Behauptung an, welche durch den Contrast roher Sicherheit mit innerer Schwäche allerdings unsern Verdruss erregen mag.

Im Bereich der Wissenden und Wirkenden hatte die Wissenschaft im Ganzen und Grossen ein stilles stetiges Wachsthum, aber in dem weiteren Bereich des allgemeinen Geisteslebens, welchen die Wissenschaft nur mit dem vorübergehenden Inhalt ihrer augenblicklichen Resultate zu erfüllen vermochte, wurden die anschaulichsten Elemente dieses Inhalts starr und erregten, wenn der rastlose und unbemerkte Fortschritt der Wissenschaft später ihre Neu- und Umbildung verlangte, durch ihre Starrheit und durch ihre Verbindung mit dem Fühlen der Menschen die gewaltigen Conflicte der Meinungen, welche das ruhige Verständniss der Entwickelung gefährden.

Das beste Beispiel für die Unterscheidungen, welche in dieser Auffassung der Geschichte der Wissenschaft liegen, kann die eigenthümliche Bedeutung des *Aristoteles* in der Entwickelung des Alterthums und des Mittelalters abgeben.

Dieser grosse Forscher des Alterthums hatte in seinen naturwissenschaftlichen Werken für die ihm bekannten astronomischen und physikalischen Erscheinungen ein System menschlich-wahrscheinlicher Erklärungen aufgenommen und aufgefunden, welche im Allgemeinen noch weit entfernt von der Wahrheit sind.

Dennoch stellen sie in ihrer Gesammtheit eine überaus grossartige und wichtige Summe naturwissenschaftlicher Kenntniss und Anregung dar und haben im Einzelnen, zumal in der Astronomie, einen entschiedenen Einfluss auf die folgerichtige und gesunde Entwickelung der Wissenschaft gehabt, weil sie die Erkenntniss erhielten von dem, was augenblicklich Noth thut und weil ihre strenge Form die Bestrebungen zu concentriren half.

Die Bedeutung und das Ansehen einer so grossen wissenschaftlichen Erscheinung verbreitete sich natürlich in den folgenden Jahrhunderten in immer weiteren Kreisen und mächtigeren Wellen, und das Gefühl dieser grossen Gemeinsamkeit der Wirkung trug dazu bei, dem *Aristoteles* das Ansehen eines Gesetzgebers der Natur zu verleihen, da er doch nur ein eifriger Diener ihrer Erkenntniss gewesen war. Die Araber und die Scholastiker des Abendlandes schwuren Stein und Bein auf seine Doktrinen und lange schien er das erreichte Endziel der Natur-Erkenntniss.

Inzwischen war die Astronomie auf dem Wege ruhiger Erprobung der Hypothesen von der ruhenden und centralen Stellung der Erde, die auch *Aristoteles* als die wahrscheinlichsten aufgestellt hatte, zu dem Punkte gelangt, wo sie mit Hülfe der jahrhundertelangen Beobachtungen, die seit *Aristoteles* und nach *Aristoteles* Aufforderung angestellt waren, beweisen konnte, dass die Ansichten des grossen Mannes irrig seien.

Da ward nun *Aristoteles* das Feldgeschrei des erbitterten Widerstandes der alten Meinungen, aber nicht der ruhige griechische Forscher selbst, sondern nur der pedantisch und starr aufgefasste Lehrer des autoritäts-bedürftigen Mittelalters, welches mit seinem endgültigen Ansehen den Boden unter den Füssen zu verlieren glaubte, weil das Herz der Menschen an den dürftigen Resultaten hing und den Reichthum der inneren Entwickelung nicht ahnte.

Und so ward nach dem Siege der neuen Ansicht *Aristoteles* als der scheinbare Vertreter des kurzsichtigen und hartnäckigen Irrthums bis in die neueste Zeit von den Eiferern des Fortschritts, gering geschätzt, ja man ging so weit, zu glauben, dass die wahre Schlussweise der Erfahrungs-Wissenschaften, die Induction, erst ein Eigenthum der neueren Forschung sei, eine Schlussweise, die doch von Babylons uralten Astronomen an in ruhigem Gebrauche

war und für die man schon in der Astronomie des *Ptolemaeus* die treffendsten Beispiele findet.

Schlussfehler sind in der gegenwärtigen Forschung eben so unvermeidlich, wie sie es bei den Alten waren.

Wir haben allerdings jetzt schneller und sichrer den Prüfstein dafür in der schärferen Erfahrung, besonders im Experiment, wozu den Alten die Technik und vielleicht auch das Bedürfniss fehlte, da ihnen noch das menschlich Wahre genügte. Aber in der Astronomie ist die Beobachtung ganzer Jahrhunderte ein einziges Experiment und *Aristoteles* konnte diese Erprobung seiner unvollkommenen astronomischen Schlüsse nur den Jahrhunderten anvertrauen, die sie dann auch leisteten.

Sehen wir nun, im Gegensatz zu den übertrieben heftigen Verurtheilungen des alten Systems, wie sich *Copernicus* selbst, der grosse Verkünder der neuen Welterklärung, zu dem *Aristoteles* stellt.

Wir finden darüber vollen Aufschluss in einem überaus wichtigen und merkwürdigen Briefe, in welchem der wittenbergische Professor *Rhaeticus*, der als Schüler nach *Copernicus'* Wohnsitz, Frauenburg, gegangen war, mit der schüchternen Erlaubniss des Lehrers der Welt die erste Kunde von der neuen Wahrheit geben durfte.

Copernicus hält sich alle Äusserungen des griechischen Philosophen vor Augen, wo derselbe ein Bedürfniss nach der Fortentwickelung der Wissenschaft ausspricht, wo er im Gefühl der Unzulänglichkeit eigener willkührlicher Annahmen denjenigen glücklich preist, der zwingendere Annahmen, genauere Nothwendigkeiten zur Erklärung der Erscheinungen auffinden würde, wo er endlich als kräftige Richterin die Erfahrung anerkennt, indem er sagt, vollkommen wahr sei das, was das Künftige so voraussage, wie es eintreffe.

Natürlich verschwindet hier aller Streit der Meinungen, dankbar empfängt *Copernicus* aus der Hand der Alten, was sie geben konnten und ist beglückt bei dem Gedanken, dass das, was er gefunden, nur eine höhere Erfüllung des tiefen Bedürfnisses sei, welches das Erkenntniss-Streben der Alten auch bei ihrem nicht so dankbaren wissenschaftlichen Tagewerke belebend und fördernd beseelt hatte.

Und der grosse und stürmische Conflict der Meinungen, der in den weiten Wellen des Lebens sogar die heilige Inquisition in Thätigkeit setzte, ist hier von *Aristoteles* zu *Copernicus* ein ruhiger Strom still und stetig wachsender Erkenntniss.

In dem Sinne dieser Anschauungen, für die wieder *Humbolt*'s Kosmos das schönste Vorbild ist, muss man das Verhältniss der Astronomie des Alterthums und des Mittelalters zur Neuzeit betrachten, wenn man die Irrthümer verstehen und das Gesetz des Werdens erkennen will, welches in ihrer Geschichte verkörpert ist.

Ich bin natürlich weit entfernt, zu glauben, dass ich dieser Aufgabe hier irgendwie gerecht werden könnte.

Indessen will ich doch versuchen, Ihnen zum weiteren Belege jener Auffassungsweise eine Skizze der Gesammt-Entwickelung der Astronomie bis zu *Copernicus* zu entwerfen, welche die wichtigsten Momente hervorheben soll, ohne dass sie natürlich die Fülle der Einzelheiten irgendwie zu gestalten vermöchte.

Die Astronomie der ältesten Cultur-Völker ist in ein gewisses Dunkel gehüllt, das die unvollkommene Überlieferung nur an einzelnen Stellen gelichtet hat. Indess vermögen wir doch aus allem Überkommenen mit einer gewissen Sicherheit zu entscheiden, bis zu welchem Punkte die Astronomie des hohen Alterthums gelangt ist. Und nur diese verbürgten astronomischen End-Resultate will und kann ich hier kurz zusammen fassen.

Die älteren Geschichtsschreiber der Astronomie beginnen gewöhnlich mit der Frage, bei welchem Volke der Ursprung der Astronomie zu suchen sei.

Bailly hat diese Frage sogar bis in das Gebiet der astronomischen Mythen verfolgt, die allerdings eine gewisse Realität haben, aber wohl nicht im Gedächtniss und in der Überlieferung, sondern in dem tiefen Causalitäts-Bedürfniss des menschlichen Geistes, welches das Dunkel mit typischen Gestalten der Einbildungskraft erfüllt und diesen als Abstractionen stets einen idealen Charakter verleiht.

Es ist jedoch höchst wahrscheinlich, dass die Wissenschaft aus der einfachsten Sinneswahrnehmung heraus, sich überall da selbstthätig entwickelt hat, wo im Bereich fruchtbarer Fluss-Thäler oder milder Küstenstriche ein reicher und vielgestaltiger Verkehr sich entfaltete und das Bedürfniss nach einer geordneten Zeit-

Rechnung hervorrief, deren Organ allein die himmlischen Bewegungen sein konnten.

Rechnet man die frühe religiöse und rituelle Bedeutung der grossen Himmelserscheinungen hinzu, welche der Kenntniss ihrer Wiederkehr den Zauber einer geheimnissvollen Macht über die Geister der Unkundigen gab und damit die Astrologie hervorrief, so hat man eine Anschauung von dem Ursprung und der äusseren Geschichte der ältesten astronomischen Entwickelung.

So haben die Weisen der Chinesen, Chaldäer, Inder, Ägypter mehr oder weniger unabhängig von einander in der Wahrnehmung der wichtigsten und augenscheinlichsten Bewegungen der Himmelslichter, in der geordneten Aufzeichnung der Phänomene und in der Kenntniss ihrer Wiederkehr schon in uralten Zeiten Bewundernswerthes geleistet.

Aber weit entfernt, dass diese Leistungen auf ein Urvolk von gelehrten Astronomen zurückweisen, zeigen sie der ruhigen Betrachtung auf's Allerdeutlichste ihren Ursprung aus den einfachsten Operationen der Sinne und des Geistes, indem der frühste und grösste Theil jener Leistungen nur das Auge und das Gedächtniss als Instrumente voraussetzt. Dagegen tragen sie allerdings einen eigenen Charakter menschlicher Grösse durch den Jahrhunderte erfüllenden, ruhigen, aussichtslosen Fleiss und durch das ungemein grossartige und erhebende Zusammenwirken langer Generationen-Folgen zu einheitlichen, geordneten Zwecken der Aufzeichnung.

Allmälig ordnete und verschärfte man die natürlichsten Sinnes-Wahrnehmungen mit Hülfe der einfachsten Apparate, z. B. einer Schattensäule, des Gnomon, aus deren im Laufe des Tages und des Jahres sich ändernden Schattenlänge die Veränderungen der Stellung der Sonne zum Horizonte und die Wiederkehr der Jahre genauer bestimmt wurden.

Die ältesten verbürgten Beobachtungen solcher Art besitzen wir von den Chinesen um das Jahr 1100 v. Ch. *Tscheu-Kong*, ein kaiserlicher Prinz, bestimmte um diese Zeit die Lage der scheinbaren Sonnenbahn zu dem Horizonte der damaligen Reichs-Hauptstadt Lo-Yang mittelst der Schattensäule und fand Resultate, die eine interessante Übereinstimmung mit gewissen Folgerungen der neueren, genauen Theorie der scheinbaren Sonnenbewegung

oder Erdbewegung zeigen, was *Laplace* mit grosser Freude nachgewiesen hat.

Ausserdem finden wir die Chinesen zur damaligen Zeit im Besitz eines ziemlich ausgebildeten Systems zur Bestimmung der gegenseitigen Lage der Gestirne und zwar mit dem Gebrauch von Wasseruhren, deren Resultate auf eine ziemliche Feinheit jener alten zeitmessenden Apparate schliessen lassen.

Endlich hatten sie notorisch eine gewisse Fertigkeit im Voraussagen der Tage, an denen Finsternisse eintreffen sollten, erlangt, ohne dass wir dabei an irgend welche theoretische Kenntniss der Bewegungen von Sonne und Mond zu denken brauchten, vermöge deren wir jetzt die Finsternisse innerhalb der Minute vorherzubestimmen vermögen.

Es giebt nämlich in der Wiederkehr der Mondfinsternisse eine genähert richtige Periode von 18 Jahren und 11 Tagen, innerhalb deren sie etwa in derselben Reihenfolge und Grösse wieder eintreffen.

Fortgesetzte Aufzeichnungen mussten früh diese für die Forderung der frühsten Erkenntniss hochwichtige Periode entdecken und zu kurzer Vorhersagung dienstbar machen.

In den Sonnenfinsternissen ist diese einfache Regel verdunkelt durch die mehr zufällige Wirkung, welche für einen bestimmten Ort die veränderliche Höhe beider Gestirne über dem Horizonte auf die Möglichkeit einer Verfinsterung ausübt. Indessen konnte jene Periode doch dazu dienen, die nahe Möglichkeit auch einer Sonnenfinsterniss vorherzusagen.

Traf sie ein, so waren die feierlichen Gebräuche, die ihr am chinesischen Hofe vorhergingen, gerechtfertigt, traf sie nicht ein, so konnte man wähnen, ihre Erscheinung, die wie andere grosse Himmelserscheinungen, als ein Tadel und ein schlimmes Vorzeichen für die Regierung galt, sei durch die Ceremonie glücklich abgewandt worden.

Bei aller Kenntniss der wichtigeren Phänomene, und bei aller Technik fehlte aber den Chinesen die Ausbildung der Mathematik. Höchstwahrscheinlich lösten sie die vorkommenden astronomischen Aufgaben auf die sogenannte graphische Weise, d. h. mit Hülfe von Zeichnungen und Modellen.

Dem entsprechend gebrach es ihnen an jeder Theorie, an jedem Versuche wissenschaftlicher Erklärung für die von ihnen deutlich bemerkten Bewegungen der Himmelslichter und sie sind bis zum heutigen Tage nur durch fremde Zuflüsse ein wenig weiter gelangt.

Einen etwas höheren Standpunkt astronomischen Wissens haben die Chaldäer erreicht. Dieselben sind bekanntlich nach der Meinung der meisten Gelehrten kein Volk, sondern ein in Babylon ansässiger Priester- und Seher-Stamm gewesen, welcher dort unter den verschiedensten Herrschaften sich in merkwürdiger Beständigkeit und Hoheit fast bis zum Zuge *Alexander*'s behauptete. Sie haben von den Thürmen des Bels-Tempels aus die Bewegungen des Mondes, der Sonne und der Planeten Jahrhunderte lang mit Sorgfalt verfolgt, haben die Umlaufszeiten ermittelt und sind für die Mondbewegung, wie wir aus dem deutlichen Zeugnisse der Griechen wissen, zu einer Kenntniss der verwickelten Umlaufs-Perioden dieses Gestirns gelangt, welche die Grundlage der griechischen und unserer eigenen Mondstheorie geworden ist.

Sie haben ferner auch die Periode der Wiederkehr der Mondfinsternisse mit Sicherheit gekannt und ihre Beobachtungs-Verzeichnisse sind nach dem Zuge *Alexander*'s des Grossen in die Hände der Griechen gekommen, durch welche wir selbst in den Besitz einer guten Anzahl Babylonischer Beobachtungen gelangt sind.

Die frühsten derselben, die von den Griechen benutzt werden konnten, weil früher hierauf die babylonische Zeitrechnung nicht sicher genug erschien, fallen um das Jahr 720 (mehr als 100 Jahre vor der Zerstörung von Ninive).

Diese Beobachtungen, übrigens höchst einfache Aufzeichnungen des Tages und der Stunde von Mondfinsternissen mit Angabe der Grösse und Lage des verfinsterten Theils der Mondscheibe, sind durch ihr hohes Alter noch jetzt von grosser Wichtigkeit für die Kenntniss einer langsamen Verminderung der Umlaufszeit des Mondes und so reichen sich sogar des uralten Babylons geheimnissvolle Seher und die grossen Astronomen des 19ten Jahrhunderts die Hände im Bunde wissenschaftlichen Zusammenwirkens.

Was die Astronomie der Inder betrifft, so hat sich zwar das hohe Alterthum ihrer astronomischen Tafeln als eine ihnen eigenthümliche, zu religiösen Zwecken dienende, Fiction herausgestellt,

deren Ursprung höchst wahrscheinlich mehrere Jahrhunderte nach Christo zu setzen ist.

Jedoch geht die astronomische Kritik zu weit, wenn sie in Folge dessen die astronomische Cultur der Inder des Charlatanismus anklagt.

Bei einem Volke, dessen ausserordentlichen philosophischen und mathematischen Tiefsinn alle Kenner seiner Litteratur staunend bezeugen, können wir aus dem Mangel von sehr alten positiven Dokumenten ihrer astronomischen Leistungen höchstens schliessen, dass kein so regelmässiges oder so allgemeines System von Aufzeichnungen dafür vorhanden gewesen ist, wie bei Chinesen und Chaldäern.

Völlig gewiss ist aber, dass die mathematischen Entdeckungen der indischen Weisen auf die nachgriechische Entwickelung der Astronomie von allergröstem Einfluss gewesen sind.

Der gegenwärtige Zustand der indischen Astronomie, der ein Gemisch von indischen, griechischen und arabischen Elementen ist, charakterisirt sich durch einen hoch entwickelten Gedächtniss-Apparat.

Die Rechnungs-Vorschriften sind ohne besondere Genauigkeit und ohne alle Erklärung in festgeordnete Gedächtniss-Regeln und glückliche Zahlenverbindungen gebracht, die dem gelehrten Hindu, in gewissen rohen Rechnungen, für welche die alten Theorien hinreichen, eine Art von Überlegenheit über den Europäer geben, der ohne seine Bücher und Tafeln nicht viel kann, aber mit seinem wissenschaftlichen Apparat ganz andere Dinge ausführt.

Die Astronomie der alten Ägypter endlich hat uns zwar aus frühen Zeiten keine Beobachtungen hinterlassen, die den Leistungen der Chinesen und besonders der Chaldäer entsprächen; indessen ist ihre geordnete Kenntniss der himmlischen Bewegungen durch einzelne chronologische und astronomische Einrichtungen sachlich und durch den Mund der Griechen formell bezeugt.

Unschätzbar ist aber die Bedeutung der astronomischen Cultur der Ägypter geworden durch die directe Belehrung und die fruchtbare Anregung, die das Griechenthum ihnen verdankt.

Durch die Griechen sollte nämlich der grosse, geistige Fortschritt vollzogen werden, zu dem der ruhige Fleiss des hohen Alterthums allmälig die Vorbereitungen geliefert hatte.

Während die Astronomie der Urvölker nur bis zur Kenntniss der himmlischen Bewegungen gelangt war, sollten die Griechen die ersten Schritte zur Erkenntniss thun.

Die Kenntniss ist aber die nothwendige Voraussetzung der Erkenntniss und dass die Griechen, welche gegenüber dem tiefernsten Sammelgeiste der alten Priesterschaften ein durchaus junges und kenntnissloses Geschlecht waren, allgemach aus den zögernden Händen der alten Seher Babylons und Ägyptens die Resultate der geordneten Mühe von Jahrhunderten empfingen, ist einer der schönsten Momente in dem herrlichen planvollen Zusammenwirken menschlicher Geisteskräfte.

Hatte sich die älteste Astronomie gegenüber vielen Unregelmässigkeiten der himmlischen Bewegungen bei der Kenntniss der regelmässigen Wiederkehr derselben beruhigt, hatte sie ein Genüge gefunden in ihren Haupt-Resultaten, der Kenntniss von Umlauf-Perioden, und hatte sie somit den rythmischen Eindruck der Wiederkehr für das Bild der Erklärung genommen, so brachten die Griechen der ruhigen Kenntniss der Alten eine kecke, kindliche Neugier und eine speculative Frische des Verstandes entgegen, die sich bald in einer Menge von Theorieen und Welterklärungen kund gab.

Ein sprechendes Beispiel hiefür ist ein Begegniss *Herodot*'s in Ägypten.

Herodot, von der Regelmässigkeit der Nilüberschwemmungen und ihrem Zusammenhange mit dem Sonnenstande in Erstaunen gesetzt, fragte die ägyptischen Priester nach dem inneren Zusammenhange der Erscheinung. Er fand keine Auskunft.

Zwar hatten die Ägypter seit vielen Jahrhunderten die Erscheinung verfolgt, das Gesetz ihrer Wiederkehr kennen gelernt, ihren Cultur-Kalender danach geregelt, aber das Wesen der Erscheinung selbst hatten sie, wie den Pulsschlag des Herzens, wie eine göttliche Manifestation des Weltlebens gläubig hingenommen, ohne eine mechanische Erklärung zu suchen.

Der Grieche *Herodot* aber, der die Sache nicht auf sich beruhen liess, erhielt später in Griechenland 3 Erklärungen und fügte eine eigene hinzu, und alle tragen mindestens den Charakter einer lebendigen Gabe der Hypothesen-Aufstellung.

Das Griechenthum hatte mit der heitern Beweglichkeit seiner Phantasie den düstern Bann der gewaltigen Naturmächte gebrochen, unter deren göttlichem Walten die alten Priesterschaften zwar als Kenner und Dolmetscher der Erscheinungen Macht und Einfluss gewonnen, aber auch die Schranken ihres Erkennens gefunden hatten.

Schöne Gebilde menschlicher Kunst erfüllten die Welt und der Zauber des Geheimnisses war dem Naturleben geblieben, der Schrecken entflohen.

So waren die Griechen, als die wahren Begründer des menschlichen Optimismus, trefflich bereitet die freie Erkenntniss der Welt zu beginnen.

Eine der frühsten ihrer wissenschaftlichen Abstractionen freier und kühner Art war die Lehre von der Kugelgestalt der Erde.

Schon die Chinesen hätten aus den astronomischen Messungen, die sie zu geographischen Zwecken in verschiedenen Theilen ihres weiten Reiches ausgeführt hatten, zu jenem wissenschaftlichen Schlusse gelangen können.

Näher noch kamen die Chaldäer, von denen es gewiss ist, dass sie, lange vor den Griechen, sich bewusst waren, bei Mondfinsternissen den Mond in den Schatten der Erde treten zu sehen. Ja, vielleicht ist hier der frühste Keim jener Erkenntniss zu suchen. Noch wichtiger aber wurden die grossen Handelsreisen der Phönicier, die von der Westküste Afrikas bis zu den Faröer-Inseln von dem wechselnden Anblicke des Sternenhimmels betroffen werden mussten. Sie sahen nach Norden fahrend die Sterne des Nordens aufsteigen, die Sterne des Südens versinken, sie mussten auf langen Fahrten von West nach Ost und umgekehrt erkennen, dass die Sonne über dem Horizont der westlichen Orte später erschien; sie sahen das Aufsteigen der fernen Berge aus dem Meeresschoosse, und es gab nur eine Lösung für die Fülle dieser räthselhaften Erscheinungen, eine nach allen Richtungen hin krumme Oberfläche der Erde.

Die Griechen, Theilnehmer und Erben der Phönicier im Welthandel, sprachen aber diese Ideen zuerst in wissenschaftlicher Form aus, ja noch mehr, sie stellten an verschiedenen Punkten Messungen über die Krümmung und den Umfang des Erdkörpers an und eröffneten so wenigstens mit Bewusstsein die streng-wissenschaftliche Prüfung der Annahme von der Kugel-Gestalt,

eine Prüfung, welche nach einer 2tausendjährigen Pause endlich seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts dahin entschieden ist, dass die Erde zwar keine vollkommene Kugel, aber für die meisten Aufgaben der Astronomie als eine solche zu betrachten ist.

Weiter fortschreitend in der Bahn der Welterklärung fassten die griechischen Philosophen die Stellung der Erde unter den Gestirnen in das Auge.

Dem Anscheine nach lag die Erde in dem Mittelpunkt der Stern-Sphären, die sie in täglichem Umlaufe umkreisten.

So ward ihre Stellung auch von der Mehrzahl der griechischen Philosophen aufgefasst.

Doch gab es eine Philosophen-Schule von einer merkwürdigen Grösse der intellektuellen Anschauung, die Pythagoräische, welche zu einer andern Idee von der Stellung der Erde gelangte.

In Verbindung mit ihren schönen Entdeckungen in der Geometrie und in den einfachen Zahlenverhältnissen der musicalischen Harmonieen hatten die Pythagoräer eine Philosophie der Symmetrie und Harmonie, der geometrischen und arithmetischen Symbolik ausgebildet, welche ihnen diese dunkle und unvollkommene Erde mit der verwirrenden Menge ihrer unerklärten Erscheinungen als Etwas schlechteres erscheinen liess, wie die leuchtenden Regionen des himmlischen Äthers, wo reinere Form und höhere Wohlordnung zu wohnen schien.

Deshalb, schlossen sie, könne die Erde nicht die Mitte einnehmen, die Mitte gebühre dem reinsten, dem geistigsten Elemente, dem Feuer. So setzten sie das heilige Feuer, die Hestia, in die Mitte der Welt.

Natürlich musste sich nun die Erde auch um das Central-Feuer bewegen, denn Ruhe konnte nur im Mittelpunkt sein.

Hierbei konnte man bemerken, dass durch eine 24stündige Bewegung der Erde um das Central-Feuer dem fernen Sternenhimmel der schnelle tägliche Umschwung erspart bleiben könne, indem die Bewegung der Erde einfacher dasselbe Phänomen hervorbringe. Dem Sternenhimmel selbst konnte man eine sehr langsame, fast unmerkliche eigene Bewegung, die Praecessions-Bewegung, lassen, für die schon in der ältesten Astronomie Spuren vorhanden waren.

Zugleich aber mit der Erde bewegte sich nach pythagoräischer Annahme eine Gegenerde um das Feuer, sei es um eine symbolische Zehnzahl von Himmelskörpern zu füllen, sei es, um der Erde den Anblick des heiligen Feuers zu verdecken.

Dies ist die älteste pythagoräische Ansicht von der Stellung der Erde als Himmelskörper, das sogenannte philolaische System.

Man erkennt hier noch an dem phantastischen Charakter des ganzen Systems deutlich dessen Ursprung aus einer begeisterten Einbildungskraft und es ist keinerlei Grund vorhanden, hier an eine Offenbarung der ganzen Wahrheit aus ferner Urzeit zu denken.

Die ganze Symbolik trägt vielmehr den Charakter des Keims einer neuen, wie des Überbleibsels einer alten Wahrheit.

Und völlig natürlich, wenngleich auf dem üppigen Boden des Griechengeistes mit wunderbarer Schnelle, hat sich dieser Keim entwickelt.

Zunächst setzten die Nachfolger jener Philosophie Erde und Gegenerde zusammen, das belebende Feuer in der Mitte und machten so aus der Bewegung um das Feuer die 24stündige Drehung der Erde um ihre Achse.

Ja noch mehr, man gab nun der Erde eine jährliche Bewegung um ein anderes Central-Feuer, die Sonne und *Aristarch* von Samos begann, nach dem Zeugnisse des *Archimedes,* bereits auf's Rüstigste die Einwürfe zu widerlegen, welche sich gegen diese kühne Idee erhoben.

Da auf einmal macht diese mächtige griechische Entwickelung der Wahrheit Halt, als ob der Geist sich einer Übereilung besinne, als ob er vom Fluge auf ruhigere Bahnen schrittweiser Erkenntniss zurückkehre.

Und in der That hatte der Flug den griechischen Geist zu weit getragen. Noch lange Jahrhunderte ruhiger astronomischer Forschung mussten dahingehen, ehe die Wissenschaft die Mittel in den Händen hatte, die Wahrheit jener Idee zu prüfen.

Bis dahin konnte die Verwegenheit jenes Gedankens nur ein äusseres Hemmniss der Wissenschaft sein, wie sie es sogar später noch wurde, und konnte ihrer innern Entwickelung nur unmerkliche Vortheile gewähren.

Dennoch bleibt es ein wunderbarer Anblick, wie hier der griechische Geist aus dem Füllhorn seiner Begabung ein Saat-Korn

streut, für welches erst nach langer, geistiger Arbeit der Völker die Zeit des Aufgehens und der Reife anbrechen sollte, als dem jungen *Copernicus* in Italien die alten Visionen der Pythagoräer den Geist bewegten und schnell das Bild des neuen Weltbau's in ihm schufen.

Besonnenen, langsamen Schrittes war neben jenen kühnen, pythagoräischen Speculationen die stille Forschung fortgeschritten und das Ansehen des alten Meisters der Forschung, *Aristoteles,* hat gerade in diesem Zeitpunkt durch die strenge Form, welche er den wissenschaftlichen Fragen gab, am Meisten dazu beigetragen, der frühen Lehre von der Bewegung der Erde Halt zu gebieten.

Anstatt der Frage von der Stellung der Erde unter den Gestirnen wurden mit Recht nähere Fragen hervorgehoben, welche streng und vorsichtig da anknüpften, wo das hohe Alterthum die Kenntniss der Himmelserscheinungen gelassen hatte.

Als nächste Aufgabe also ward die Erklärung der scheinbaren Unregelmässigkeiten der Bewegungen aufgestellt, die von den ältesten Astronomen ihren grossen Zügen nach constatirt waren.

Die regelmässigste Form der Bewegung war die der Fixsterne, welche dem Anschein nach in 24 Stunden um die Achse der Weltkugel, deren Mittelpunkt die Erde zu sein schien, kreisförmige Bahnen beschrieben.

Mit dieser Wahrnehmung ward die Kreisform der himmlischen Bewegungen die natürlichste Annahme für ihr Grundgesetz, und es entstand zunächst die wissenschaftliche Forderung, auch die unregelmässigen Bewegungen der unter den Fixsternen wandelnden Gestirne auf die Kreisbewegung als Grundform der Erklärung zurückzuführen.

Gelang dies, ohne die Erde aus ihrer ruhenden Central-Stellung zu versetzen, welche ein so unanfechtbares Resultat der Sinnes-Wahrnehmung schien, so mussten die Ideen der Pythagoräer als blosse Hirngespinste erscheinen.

Führte jener Weg nicht zum Ziel oder führte er zu immer grösserer Unwahrscheinlichkeit der Annahmen, dann erst konnte die Frage sein, ob eine kreisförmige Bewegung der Erde selbst um die Sonne die Erklärung erleichtere.

Also die Erklärung der Bewegungen der wandelnden Gestirne durch Zusammensetzung regelmässiger Kreisbewegungen um die ruhende Erde wurde nach der Mahnung des *Plato* und *Aristoteles*, unbekümmert um die pythagoräischen Ahnungen, die Aufgabe der grossen astronomischen Schule von Alexandria, die bekanntlich von 300 vor bis mehrere Jahrhunderte nach Christo blühte und die grossen Namen *Eratosthenes*, *Appollonius*, *Hipparch* und *Ptolemaeus* aufwies.

Zur Lösung derselben Aufgabe hatte auch das hohe Alterthum, über den vorhin geschilderten allgemeinen Charakter seiner Geistesthätigkeit hinausstrebend, zwei Versuche der Erklärung gemacht, deren Eigenthümlichkeit aber gerade den Fortschritt der Griechen in noch helleres Licht setzt.

Nach ziemlich verbürgten Angaben hatten die Ägypter zur Erklärung der eigenthümlichen Bewegungen des Mercur und der Venus richtig angenommen, dass sie beide sich mit der Sonne bewegten und dabei um dieselbe kreisten.

Die alexandrinische Schule musste aber diese Idee gänzlich aufgeben, weil bei genauerer, mathematischer Betrachtung für den Mercur sich die Unmöglichkeit ergab, die Sonne als den Mittelpunkt seiner Bahn anzusehen und damit auch für die Venus die Wahrscheinlichkeit wegfiel.

Die Bahn des Mercur ist nämlich so stark elliptisch oder länglich, dass die Griechen die verschiedenen Winkel, unter denen wir sie sehen, nur dadurch erklären konnten, dass ihre Entfernung von uns durch einen Apparat excentrischer Kreisbewegungen viel stärkere Veränderungen erleide, als die Entfernung der Sonne es durfte.

Selbst *Copernicus* fand in der Bewegung des Mercur um die Sonne noch die grössten Schwierigkeiten. Und erst *Keppler* löste sie durch die Entdeckung der elliptischen Bewegung.

Da wir aber von allen jenen Bedenken bei den Ägyptern nicht die leiseste Erwähnung finden, müssen wir also trotz der Richtigkeit jener Hypothese schliessen, dass ihre Erklärungen noch durchaus keine wohlerwogene, wissenschaftliche Form angenommen hatten.

Ein anderer noch unvollkommenerer Versuch zur Deutung der unregelmässigen Bewegungen wird von den Chaldäern be-

richtet. Sie versuchten die Unregelmässigkeit der Mondsbewegung durch eine rohe Rechnungsformel darzustellen, welche an unserer Theorie geprüft, die grössten Abweichungen allerdings wiedergiebt, aber mit dem Gesetz der Abweichungen nicht die geringste Ähnlichkeit hat. — Also eine Formel ohne jegliche Anschauung, ein rein äusserliches Schema selbst ohne formelle Wahrheit.

Die Griechen dagegen suchten zuerst nach genauerem Verständniss der Formen, suchten nach einer einfachen streng geometrischen Anschauung in dem Gewirr der Unregelmässigkeiten. Und dies war die Kreisform und die Wirkung zusammengesetzter Kreisbewegungen, die ja noch jetzt die Grundlage der Trigonometrie sind.

Die wirkenden Ursachen der Bewegungen lagen ihnen noch fern, *Ptolemaeus* erklärt dieselben für gar nicht oder schwer zu errathen, aber die Form wollten sie verstehen und so liessen sie den zusammengesetzten Kreisbewegungen zunächst den Anschein eines, in einander greifenden Räderwerkes, ohne sich den Mechanismus der Wirkungen klar zu machen.

So bewegten sich die Planeten mit dem Umfange kleiner Räder, deren Mittelpunkt selbst von einer festen, sich um ihre Achse drehenden Kugel oder von einem grossen Rade um die Erde herumgeführt wurde, und so wurde, während die einzelnen Drehungen gleichförmig waren, durch die eigenthümlichen Grössen-Verhältnisse und Zusammensetzungen der Hülfsräder, die sich nach verschiedenen Richtungen drehten, jede beliebige Art von Unregelmässigkeit hervorgebracht, indem das letzte Rad erst das Gestirn selbst trug.

Durch mühevolle Rechnung und durch ausdauernde Beobachtung gelang es den Griechen endlich, fast alle am Himmel bemerkten Bewegungen durch diese eigenthümliche Maschinerie zu erklären.

Aber mit jedem Schritte wuchs die Verwickelung der ganzen Einrichtung, jede neue Entdeckung, anstatt die früheren Erklärungen zu bestätigen, verlangte ein neues Rädchen und nicht ohne Bekümmerniss sah der grösste technische Künstler dieses Systems, *Ptolemaeus*, seinen Mechanismus immer unerklärlicher und unwahrscheinlicher werden.

Oft fügt er deshalb einer neuen Einrichtung die peinliche Mahnung hinzu, man solle sich nicht um die mechanischen Schwierigkeiten kümmern, wenn nur der beobachteten Form der Bewegungen genügt werde, denn im Himmel sei keine Reibung und sei die Bewegung vielleicht ganz anderen Charakters, wie auf Erden.

Ja man sieht in dem Almagest des *Ptolemaeus,* dem grossen Sammelwerke der griechischen Astronomie, bereits den Prozess beginnen, welcher die Unwahrscheinlichkeit der alten Welt-Erklärung immer mehr zur Evidenz brachte und allmälig offenbarte, wie in der That die Hinzufügung der Bewegung der Erde den grössten Theil der Räder und Hülfsapparate des alten Systems ersparte und selbst das Verständniss der Form vereinfachte.

Dennoch ist die vollständige Durcharbeitung und Erprobung des ptolemaeischen Systems von der höchsten Wichtigkeit und Nothwendigkeit für die Wissenschaft gewesen. Allein durch diese überaus tüchtigen Arbeiten konnte man aus dem müssigen Streite blosser Behauptungen herauskommen, allein in der vollkommen concreten Gestaltung der bis dahin natürlichsten und wahrscheinlichsten Erklärung konnte man diejenigen bestimmten Schwächen entdecken, die in der Erfüllung der Zeit zu siegenden mathematischen Beweisen der Erdbewegung wurden.

Der frühe Sieg des direkten Auftretens der Lehre von der Erdbewegung hätte dagegen, wir müssen es wiederholen, der mathematischen und vor Allem der physikalischen Anschauung der Griechen viel grössere Schwierigkeiten bereitet und die Entwickelung geradezu verzögert.

Um die tüchtige Praxis der griechischen Astronomie zu bezeugen, möchte ich hier blos erwähnen, dass sie bereits die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde und sein wahres Grössen-Verhältniss zur Erdkugel mit einer bemerkenswerthen Annäherung ermittelt hat.

Das ptolemaeische Erklärungs-System ging zunächst mit seinen wichtigen, wenngleich noch unbewussten Grundlagen der wahren Erkenntniss zur weiteren Entwickelung auf die Araber über.

Die Araber sollten nicht allein manche Resultate der alten Wissenschaft vor den Gefahren der abendländischen Zustände retten und dieselbe lebendig erhalten, sondern die Wissenschaft sollte ihnen auch eine entschiedene Verfeinerung und Erleichterung

in der mathematischen Anwendung der Kreistheorieen und in der Messung der Bewegung der wandelnden Gestirne unter den festen verdanken.

Im Abendland dagegen entschwanden die Resultate der griechischen Astronomie für lange Zeit dem allgemeinen Bewusstsein der Geister.

Es vollzog sich dort die grosse religiöse Neubildung, die augenblicklich den wissenschaftlichen Fortschritt hemmte, aber in Wahrheit von unberechenbar günstigen Folgen für ihn wurde, indem das Christenthum nicht allein junge, hochbegabte Naturvölker zu höherer Gesittung und Theilnahme an der Geistesarbeit berief, sondern auch mit Inbrunst die Idee von der Erlösung der ganzen Menschheit, das brüderliche Gefühl einer universellen Gemeinschaft im Gottesreiche verkündigte, grosse Ideen, deren Einfluss auf die Begeisterung menschlichen Strebens nicht hoch genug anzuschlagen ist.

Es ist dabei von der merkwürdigsten Bedeutung, dass gerade dieselbe hohe Lehre des Christenthums, welche das menschliche Erkenntniss-Streben mit dem Lebens-Odem der Humanität durchdringen sollte, in den ersten Jahrhunderten eine von den Ursachen wurde, dass die astronomischen Kenntnisse in Vergessenheit fielen.

Der Hauptanstoss, den das Christenthum in der griechischen Astronomie fand, war nämlich die Lehre von der Kugelgestalt der Erde.

Die centrale Stellung der Erde wurde als selbstverständlich angenommen und später eine Art von Dogma der Kirche, aber die Kugelgestalt und damit jede wissenschaftliche Form der Astronomie wurde von Kirchenvätern verworfen und zwar verworfen, weil man sich keine Antipoden denken konnte. — In einer seltsamen Unklarheit, so scheint es, hielt man die entgegengesetzte Seite der Kugel, die denn doch auch bewohnt sein müsse, für völlig unzugänglich. Da also die Kugelgestalt das Dasein von Menschen annehmen lasse, zu denen man nicht gelangen könne, die also auch nicht der Erlösung theilhaftig werden könnten, so sei die Annahme der Kugelgestalt unchristlich. — Ja, von dem grossen Bekehrer der Deutschen, dem heiligen *Bonifacius,* wird berichtet, dass ihn der Glaube eines Bischofs an die Lehrsätze des *Ptolemaeus*

erschreckt habe, weil dieselben ja der allgemeinen Bekehrung im Wege ständen.

Aus solchen Gründen, in deren Eindruck das Hocherhabene mit dem Wunderlichen gemischt ist, geriethen die gesunden Grundlehren der alten Astronomie während mehr als 1000 Jahre so in Vergessenheit, dass *Columbus* mit seinen Behauptungen, die den Griechen als völlig selbstverständlich galten, als ein verwegener Phantast verlacht wurde.

Man würde aber irren, wenn man diese tausend Jahre als völlig dunkel für die Wissenschaft betrachten wollte:

Ganz abgesehen von der hohen Blüthe der arabischen Astronomie, die gerade in diese Zeit fällt, war auch im Abendland die Kenntniss der Astronomie von einem hellen Kopf zum andern fortgepflanzt worden, ja, als *Columbus* auftrat, hatten schon längst nicht allein die arabischen Leistungen in Kaiser *Friedrich II.* einen thätigen Beförderer gefunden, in Spanien die wichtige Erscheinung des Königs *Alfons* und seines Astronomen-Kreises hervorgerufen, sondern die direkte Wiederbelebung der griechischen Litteratur durch vertriebene Griechen in Italien hatte auch dort und in Deutschland schon tüchtige Beobachter und Forscher geweckt.

Die Ideen des *Columbus* waren keine Inspiration, sondern astronomische Kenntnisse, die er sich erworben und die zu seiner Zeit schon das Eigenthum vieler geworden waren, seine Genialität war nur die nautische Kühnheit, das auszuführen, was theoretisch schon zu *Aristoteles* Zeit für möglich galt.

Ja, es traf sich eigenthümlich, dass ein Fehler der griechischen Messungen für den Erdumfang, welcher in das geographische Lehrbuch des *Ptolemaeus* und damit in spätere Werke und Karten übergegangen war, die Küste des östlichen Asiens fast um die Hälfte näher an der West-Küste Europas erscheinen liess, als sie wirklich war, also den Entschluss des *Columbus* wesentlich erleichterte.

Dass aber *Columbus* die kühne Schifffahrt wagen konnte, verdankte er wesentlich den Diensten, welche die Araber der Nautik geleistet hatten.

Sie hatten nicht allein den uralten chinesischen Gebrauch des Compasses allgemeiner in die Schifffahrt eingeführt, sondern auch die astronomische Ortsbestimmung des Schiffes zur See erleichtert.

Überhaupt war, wie schon erwähnt, der wesentliche Charakter der arabischen Astronomie der der Anwendung, der Verfeinerung der astronomischen Beobachtungen, der Erleichterung des astronomischen Calculs mit Hülfe indischer Zahlenlehre und der Verbreitung des astronomischen Wissens und Könnens.

Zwar gab die Messung des Erdumfangs, welche der Chalif *Al Mamun* in der Ebene von Sindschar anstellen liess, keine genaueren Resultate, weil, wie es scheint, die Hof-Astronomen stets aus lauter Verehrung ein Resultat der Griechen wiederfanden, so dass sogar der Chalif darüber verdriesslich wurde, aber die grossen Astronomen *Ibn-Junis* und der fürstliche *Albatani,* letzterer in Aracte und Antiochia um 880, ersterer in Cairo um das Jahr 1000, legten in ihren Werken die wichtigsten und sorgfältigsten Messungen der himmlischen Bewegungen und die fleissigsten Rechnungen nieder und wurden die Ausgangs-Punkte einer grossen Reihe überaus eifriger und geschickter Astronomen. Noch jetzt sind die Beobachtungen beider für die Theorie des Jupiter und Saturn, und die Mondbeobachtungen des *Ibn-Junis* in Cairo für die Theorie des Mondes von Wichtigkeit.

Wenn nun auch die ptolemaeische Theorie von den Arabern keinerlei Verbesserung erfuhr, so wurde doch das Erfahrungs-Material zu deren Erprobung unter ihren geschickten Händen immer übersichtlicher, immer genauer. Ja seltsamer Weise trug ein grosser astronomischer Irrthum, den sie ausbildeten, die Annahme von der sogenannten Trepidation oder Schwankung des Fixstern-Himmels ausserordentlich dazu bei, die Verwickelung, ja die Verwirrung der scharfsinnigen Maschinerie des *Ptolemaeus* zu vermehren, also dem Gegenbeweis der Unwahrscheinlichkeit selbst die Waffen zu bereiten. (Anhang, Anmerkung 1.)

Die Leistungen der arabischen Astronomie für die Nautik bestanden neben dem allgemeinen Gewinn astronomischer Beobachtung und Rechnung besonders in der Einführung kleiner tragbarer Beobachtungs-Instrumente, der Astrolabien (zugleich eine Art von Rechenmaschinen), welche schnell in den Gebrauch der abendländischen Seefahrer übergingen.

Als nun auf der Mittheilung des Compasses und jener Fortschritte der Nautik fussend die Portugiesen die grosse Aera der Entdeckungen eröffnet hatten, da traten auf einmal mit dem mächtig

erwachenden Verkehr die erhöhten Forderungen der Schifffahrt an die Astronomie mit solchem Nachdruck, mit solcher Inständigkeit auf, dass von da an bis in die neueste Zeit der Fortschritt unserer Wissenschaft dem Bedürfniss der Schifffahrt die wichtigste Unterstützung verdankt hat.

Genaue Vorausberechnungen der Stellung der wandelnden Himmelskörper zu einander und besonders des Mondes zu den Sternen für die Tageszeiten eines bestimmten Ortes verlangten die Schiffer, damit sie aus der Beobachtung derselben am Himmel die Tageszeit der fernen Küste und durch Vergleichung mit ihrer eigenen Tageszeit ihre Längen-Entfernung von der Küste finden könnten.

Zum letzten Male sollte da die alte Astronomie ihre Kräfte anstrengen, um diesen Forderungen der neuen Zeit zu genügen.

Der deutsche Astronom *Johannes Müller,* genannt *Regiomontanus,* in Italien mit allen Kenntnissen der griechischen und arabischen Astronomie vertraut geworden, berechnete in Nürnberg für 30 Jahre im Voraus die Stellungen der Himmelskörper nach *Ptolemaeus* künstlicher Theorie.

Und in der That, man denke nicht zu gering von den Leistungen der ptolemaeischen Theorie, diese Berechnungen erfüllten vorläufig ihren Zweck.

Sie dienten dazu, die Lage der amerikanischen Küsten zuerst richtiger anzugeben und die neue Welt auf den Meridian von Nürnberg zu beziehen. Aber schon nach kurzer Zeit zeigte sich die Unzulänglichkeit jener Theorieen zu genaueren Bestimmungen, wenngleich Anfangs die Portugiesen und Spanier dies nicht annahmen, sondern sich gegenseitig der Einführung absichtlicher Druckfehler in die nautischen Ephemeriden beschuldigten. Ein grosser Ruf nach Verbesserung der Astronomie entstand, Spanien's Könige, die Beherrscher der neuen Welt, setzten grosse Summen aus, ja die Päbste stimmten mit ein in das Verlangen nach neuen Theorieen, denn auch die Chronologie und die Festrechnung der Kirche war allmälig in Unordnung gerathen, in der langen Zeit, da man den Himmel im Abendland nicht astronomisch betrachtet hatte.

In solcher astronomisch bewegten Zeit hatte den Thorner Bürgerssohn *Copernicus,* Neffen des Bischofs von Ermeland, der Wissensdurst nach Italien geführt.

Nachdem er in Padua studirt, in Bologna beobachtet, in Rom astronomische Vorträge gehalten hatte, kehrte er mit reichen Anregungen heim und nach fast 30 Jahren stillen Forscherlebens im Frauenburger Domkapitel, wagte er es ein grosses Werk der Öffentlichkeit zu übergeben, welches die neue Lehre enthielt, die der Morgendämmerung des alten Wissens wie ein Sonnenaufgang entstieg.

Auf dem Sterbebette empfing er den ersten Druck seines Werkes und so ward nach einem schönen Ausspruch bei ihm in besonderem Sinne des Lebens Ende der Unsterblichkeit Anfang.

Die Grund-Idee seiner grossen wissenschaftlichen That verdankt *Copernicus* nach eigenem Geständniss entschieden den glücklichen Ahnungen der alten griechischen Philosophen, die in Italien wieder lebendig geworden waren und jetzt zur günstigsten Zeit den Fortschritt befruchteten.

Einen neuen Schwung hatte das wiedererwachte Griechenthum den Geistern mitgetheilt, der alte Optimismus ward wiedergeboren und durch christliche Begeisterung geadelt. Und wieder eröffnete eine reiche Entwickelung der Kunst eine neue Blüthezeit freier Natur-Erkenntniss.

Kühne Versuche der Welterklärung, grossartige Ansichten über Wahrscheinlichkeit, Zweckmässigkeit und Harmonie wogen wieder mehr, als die strenge und peinliche Mühe mit der sich, wenn auch lange zum wahren Heile der Wissenschaft, die Alexandrinische Schule und die Araber der unmittelbaren Sinnes-Erfahrung anzuschliessen gesucht hatten.

In solcher Geistesverfassung überschaute *Copernicus* mit mathematischem Scharfblick die künstliche Maschinerie, welche die Griechen und Araber zur Erklärung der himmlischen Bewegungen aufgebaut hatten. Es war ein Gewirr von Rädern und Hülfs-Apparaten, welches schon im 13ten Jahrhunderte das ungläubige Staunen des König *Alfons* erregt hatte.

Doch lag für den schärfer Blickenden in eben diesem Uhrwerke ein einziger Kunstgriff am Tage, durch welchen in den Planeten-Bewegungen eine beträchtliche Vereinfachung eintreten konnte. Das alte System enthielt nämlich als den schönsten Beweis seines unbefangenen Anschlusses an die beobachtende Erfahrung bereits unbewusst die deutlichen Zeichen der Erdbewegung.

Den Technikern dieses Systems selbst, die gerade auf die mühsame Consequenz in der Durcharbeitung des Grund-Princips stolz waren, konnte diese Beziehung entgehen.

Dazu kam, dass durch einige zufällige Fehler in den griechischen Beobachtungen und einige merkwürdige Analogieen, welche zwischen dem Bezuge der verwickelten Planeten-Bewegungen zur Sonne und dem Verhalten der Mondsbewegungen zur Sonne statfanden, während der Mond sich doch unwiderleglich um die Erde bewegte, den Griechen und Arabern die Einsicht in jene durch die Erdbewegung mögliche Vereinfachung fast völlig verschleiert war. (Anmerkung 2.)

Erst die genauere Wiederholung der Beobachtungen, die fortschreitende Vermehrung der Verwickelungen konnten die Berechtigung zu jener Vereinfachung begründen.

Copernicus bemerkte nämlich sogleich, dass schon nach *Ptolemaeus* Theorie in dem Uhrwerk jedes Planeten ein Rad vorhanden war, welches sich eben so schnell drehte, wie die Sonne um die Erde sich zu bewegen schien.

Ja, noch mehr, er glaubte aus den griechischen, arabischen und den neuesten Nürnberger und eigenen Beobachtungen schliessen zu müssen, dass die Drehung aller jener Hülfsräder sogar an allen Eigenthümlichkeiten der Sonnenbewegung Theil nahm, also nicht blos analog, sondern völlig identisch mit ihr war. (Anmerkung 3.)

Warum also, ruft er aus, sollen wir nicht wie geschickte Uhrmacher die einzelnen Hülfsräder sparen und Alles durch die eine völlig identische Bewegung hervorbringen, welche die Sonne um die Erde zu beschreiben scheint, oder welche noch wahrscheinlicher die Erde um die Sonne beschreibt.

Brachte nämlich die Bewegung der Sonne um die Erde direct jene allgemeine Wirkung hervor, so konnte der genauere Zusammenhang nur durch neue Maschinerieen erklärt werden (Anmerkung 4), bewegte sich jedoch die Erde selbst um die Sonne, so waren jene, schon durch die Griechen eingeführten, ihrem Umlauf entsprechenden Kreisdrehungen bei allen andern Planeten nur die optischen Wirkungen, die Spiegelbilder ihrer eigenen Bewegung und eine einfache optische Erklärung trat an die Stelle der maschinenmässigen; der Mechanismus des Himmels wurde dadurch plötzlich von dem grössten Theil seiner Apparate befreit, Einfachheit und

Klarheit trat da ein, wo man bisher einem Gewirr von verdriesslichen Schwierigkeiten nur kümmerlichen Erfolg abgetrotzt hatte.

Die mathematische Nachweisung dieser grossen Vereinfachung war die Lebensaufgabe und ist der Inhalt des grossen Werkes des *Copernicus.*

Dieser siegende Beweis der Wahrheit setzte also in der That die consequente practische Durchführung des alten Systems als nothwendige Grundlage voraus, ja er stützte seine wichtigsten Argumente darauf, und die astonomischen Arbeiten der alexandrinischen Schule und der Araber wurden jetzt die schärfsten Waffen zum Siege der alten pythagoräischen Ideen.

Zwar vermochte auch *Copernicus* noch nicht, sich von der Idee mechanischer Kreisbewegungen loszumachen und alle maschinenmässigen Erklärungen zu beseitigen.

Dies war *Keppler* und *Newton* vorbehalten. *Keppler* brach den alten Zauber der Hypothese von der rotirenden oder radförmigen Kreisbewegung, indem er bewies, dass die Himmelskörper in geschwungenen elliptischen Bahnen wandeln.

Newton vollendete die grosse Entwickelung, indem er als die Ursache der elliptischen Bewegungen ein freies Spiel gegenseitiger Anziehungen nachwies, welche mit Nothwendigkeit und doch in freiem Gleichgewicht, wie *Lagrange* und *Laplace* bewiesen, die himmlischen Körper schwebend durch den von Crystall-Sphären und Rädern für immer befreiten Äther tragen.

Dennoch ist der Schritt des *Copernicus* der gewaltigste. Es war der endgültige Bruch mit der engen Sinnes-Erfahrung des gewöhnlichen Lebens, als nun die festgegründete Mutter Erde wandeln musste; es war, angebahnt durch die Alten, die entscheidende Eroberung des Zuganges zu einem Gebiete der grossen mathematischen und philosophischen Ideen, welche hoch über den trüben Einbildungen und den kümmerlichen Schlüssen des kleinen Lebens die höhere Realität der Welterscheinung darstellen.

So wirkte die neue Wahrheit allmälig auch auf die Wissenschaft.

Kühner, freier hob sich die Forschung nach allen Richtungen der Naturerkenntniss. Man begann, der Sicherheit menschlichkluger Behauptungen weniger vertrauend, eine schnellere Wechselwirkung zwischen Schluss und Erfahrung herzustellen und die

alte Übung der Induction zur Disciplin der inductiven Methode zu läutern. Mächtig erweiterte bald das Fernrohr und später das Microscop die Erfahrung, rüstig entwickelte die Mathematik die tiefsinnigen Anfänge der Alten zu immer schärferen Waffen und Werkzeugen des Schlusses.

Unser Sonnensystem wurde in seinen Grundprincipieen mit einer sichern Erkenntniss durchdrungen, die sich in der prophetischen Kenntniss noch ungesehener Weltkörper als eine völlig objective und reale bewährt und die nur noch den sorgfältigen Ausbau erwartet.

Aber zugleich mit der nahen Vollendung einer Aufgabe ist durch die scharfen Messungen des Fernrohrs aus den strahlenden Tiefen des Fixstern-Himmels ein neues Problem aufgetaucht, ein Problem, von dem die Alten noch nicht geahnt, dem wir jetzt ähnlich gegenüber stehen, wie Jene den Planeten-Bewegungen.

Dieses Problem besteht in den wundersamen Bewegungen der Fixsterne, für welche auch wir erst Hypothesen haben, deren Bestätigung oder Widerlegung wir ebenso, wie die Alten, der Arbeit kommender Jahrhunderte ruhig anvertrauen müssen.

Dennoch ist das Auftauchen immer neuer Probleme keine fata morgana, die uns ziellos weiter und weiter lockt, sondern jene Aufgabe der Zukunft wird zugleich eine weitere Umfassung, eine tiefere Erfassung des speciellen Falles der Welterscheinung gewähren, den wir in unserm Sonnensystem kennen gelernt haben.

Unvollendbar ist das menschliche Wissen dem Inhalte nach, aber jeder grosse Schritt erweitert es nicht blos, sondern vereinfacht es der Form nach, befreit es von der Willkühr nnd erhöht die sittliche und materielle Macht des Geistes.

Schauen wir zum Belege so schöner Hoffnungen zurück in die Tiefen der Vergangenheit, sehen wir dort ein ernstes stetiges Vorwärts-Streben, fühlen wir uns vereint mit fernen Völkern und Zeiten durch ihren Jahrtausende alten wissenschaftlichen Nachlass, durch das Verständniss ihrer eigenthümlichen Mission in der grossen Entwickelung des Erkennens, dann vermag auch die Geschichte der Wissenschaft ein sittlich erhebendes Gefühl zu erzeugen, und die resignirte Selbstaufgebung des Individuums in eine begeisterte Hingebung zu verwandeln.

Anhang.

Anmerkung 1. Die Lehre von der Trepidation wurde nach der Mittheilung des *Rhaeticus* (in dem bereits früher erwähnten Briefe) eine der wichtigsten Handhaben des *Copernicus* zur Begründung der neuen Lehre.

Jener Brief (man findet diese Documente am vollständigsten in der lateinisch-polnischen Ausgabe der libri revolutionum, Warschau 1854) enthält überhaupt mehr von der Genesis der neuen Lehre, als das ganze grosse Werk, in welchem in der synthetischen Weise der alten Gelehrsamkeit, die ja sogar den Zugang zu eigenen Resultaten durch Anagramme zu sperren liebte, die innere Geschichte des Räsonnements verhüllt ist.

Jener Brief also giebt unter der unmittelbaren Inspiration des *Copernicus* 6 Haupt-Argumente an, quae eum induxerunt ut terrae mobilitate apparentias in coelo plerasque fieri aut certe commodissime salvari assumeret. Also hier haben wir die Inductionen des *Copernicus,* nicht sein System.

Das erste und ausführlichste jener Argumente ist die Möglichkeit einer sehr natürlichen Erklärung des überaus schwierigen Phänomens der Trepitation mit Hülfe der von den Alexandrinern verworfenen Rotation der Erde, wenn man dieselbe mit der Bewegung um die Sonne verbindet.

Die Trepidation oder die periodische Saecular-Änderung der Praecession war, wie wir jetzt wissen, ein reines Hirngespinnst, hervorgebracht durch die Fehler in der Beobachtung der Äquinoctien durch die Alten, welche bewirkten, dass man durch die verschiedenen Combinationen der Beobachtungen von *Timochares, Hipparch, Ptolemaeus, Albategnius* immer verschiedene Werthe der Praecession fand.

Da man keine gesunde Ansicht von Beobachtungsfehlern hatte, so hielt man diese Unregelmässigkeiten für reell und verfuhr damit in der gewohnten Weise, zusammengesetzte Kreisbewegungen zur Erklärung anzuwenden. Schon der spätere *Theon* spricht davon, aber zur völlig systematischen Ausbildung gelangte diese Irr-Lehre erst durch die Araber *(Thebith).*

Die Praecession hielt man bekanntlich bis zu *Copernicus* für eine Bewegung des Fixstern-Himmels, motus octavae sphaerae.

Delambre betitelt zwar *Hipparch*'s Tractat von der Praecession mit der Aufschrift: „Sur la rétrogradation des points équinoxiaux", aber das Griechische heisst: *περὶ μεταπτώσεως τῶν τροπικῶν,* also dem Wortsinn getreuer: „über das Zurückbleiben der tropischen Punkte". Um nun die Ungleichförmigkeit in der Bewegung des Fixstern-Himmels zu versinnlichen, musste man eine ganz ungeheuerliche Trepidations-Maschinerie herstellen, auf welcher die Angelpunkte jener Bewegung liefen.

Und die Beseitigung dieser Maschinerie ist das erste Argument der copernicanischen Induction. Erst *Tycho* beseitigte die ganze Trepidations-Lehre selbst, indem er mit Kritik an die Beobachtungen der Alten ging.

Es ist nun ein sonderbarer Eindruck, zu sehen, wie hier bei *Copernicus* die einfachere Erklärung eines ganz eingebildeten Phänomens eine wichtige Stufe des wissenschaftlichen Fortschritts wird. Die Sache liegt in der That höchst eigenthümlich, aber das Räsonnement des *Copernicus* ist völlig gesund und trifft selbst in dem eingebildeten Phänomen den wahren Kern der Sache.

Bekanntlich bestimmten die alten Beobachter ihre Stern-Örter nach Länge und Breite mittelst der Sonnen-Bewegung. Mit dem Hipparchischen Astrolabium wurde durch Vermittelung des Mondes die Längen-Differenz der Sterne mit der Sonne beobachtet und die Länge der Sonne selbst aus der Sonnen-Theorie entnommen. Letztere fand jeder Beobachter aus seinen Äquinoctien, der Länge des von ihm durch Vergleich mit älteren Äquinoctien abgeleiteten tropischen Jahres und aus der Anomalie der Sonne, welche nach *Hipparch*'s Lösung sich durch die Verbindung von Äquinoctien und Solstizien ermitteln liess.

Die Fehler dieser Theorie sind also vollständig in den Stern-Catologen der einzelnen Beobachter enthalten, unter ihnen der wichtigste der Fehler in der Epoche der Sonnen-Längen oder in dem zu Grunde gelegten Äquinoctium, weil derselbe allen Stern-Längen gemeinsam war.

So sind alle Stern-Längen des *Ptolemaeus* um etwa 1° zu klein, weil die Sonnentafeln des *Ptolemaeus* auf einem von ihm beobachteten Äquinoctium beruhen, welches um diesen Betrag fehlerhaft ist, aber von ihm vielleicht deshalb ausgewählt wurde, weil es bei der Vergleichung mit *Hipparch*'s Äquinoctien die von

diesem angenommene, als canonisch betrachtete, tropische Jahres-Länge $365\frac{1}{4}-\frac{1}{300}$ ergab.

Zur Benutzung einer ganzen Reihe von beobachteten Äquinoctien hatte man noch nicht die richtige Handhabung der genäherten Werthe und der arithmetischen Mittel, und so benutzte man bis zu *Tycho* hinauf fast stets nur ein Äquinoctium, das man für besonders *καλῶς καὶ ἀκριβῶς* beobachtet hielt.

Bei Bestimmung der Stern-Örter wurden die Beobachtungs-Fehler durch Wiederholung und durch eine Art von Mittelnehmen vermindert, so dass jede Stern-Länge einen kleinen Beobachtungs-Fehler und den grossen Fehler der Sonnen-Länge, das ganze System des Stern-Cataloges aber fast nur den Fehler der Sonnen-Länge enthielt.

So fand denn *Copernicus,* mit einer grossen Kenntniss der alten und arabischen Beobachtungs-Resultate und mit einer grossen Kraft des Überblickes ausgerüstet, richtig heraus, dass die Unregelmässigkeiten der Praecession, welche die Vergleichung der Stern-Längen der verschiedenen Beobachter ergaben, genau den Unregelmässigkeiten der tropischen Jahres-Längen zwischen denselben Beobachtern entsprach, und dass, indem beide identische Unregelmässigkeiten sich compensirten, die Länge des siderischen Sonnen-Jahres sich als constant herausstellte.

Also, schloss er, die Unregelmässigkeit der Praecession liegt nicht in dem Fixstern-Himmel, sondern in den tropischen Punkten. Wir würden dafür sagen müssen, die Beobachtungs-Fehler lagen weniger in der Beziehung der Sterne auf die Sonnen-Länge, als in der der Sonne auf die tropischen Punkte.

Die weitern Schlüsse waren nun völlig richtig: Ist die Praecession, wie eben bewiesen, nicht der motus octavae sphaerae, sondern der motus tropicorum, dann ist es nicht möglich, diesen letzteren Punkten eine Realität am Fixstern-Himmel zuzugestehen. Sie können nicht zugleich die Angelpunkte seiner Bewegung sein und sich doch völlig unabhängig von den Sternen die Ecliptic entlang bewegen.

Deshalb muss die Bedeutung jener Punkte eine andere sein. Ihre Bedeutung für die rotatorische, dem Fixstern-Himmel scheinbar angehörige Bewegung und für die unregelmässige, jenem nicht angehörende Praecession kann sich nur dann vereinigen lassen,

wenn ihre erstere Bedeutung eine bildliche, wenn, wie schon die Pythagoraer geahnt, die Rotation der Fixstern-Sphäre nur ein Bild der Achsendrehung der Erde ist. Dann erklärt sich die Praecession und ihre vorausgesetzte Unregelmässigkeit sehr einfach durch eine Schwankung der Erd-Achse um den Pol der Ecliptic.

Ja diese Bewegung der Erd-Achse selbst ist fast eine natürliche Folge der Zusammensetzung der Rotation und der Bewegung um die Sonne.

Da nämlich nach der Anschauung der Alten von der radförmigen Kreisbewegung alles Bewegte in einer starren Verbindung mit dem Radius vector gedacht wurde (machinale Anschauung), so musste die notorisch constante Richtung der Erd-Achse unter den Sternen durch einen Apparat von Gegenbewegung bewirkt werden, indem sie sonst einen jährlichen Kreis um den Pol der Ecliptic beschrieben haben würde. Ein kleines fortschreitendes und periodisches Zurückbleiben jener Gegenwirkung (die wir ja auch gewissermassen in der Beständigkeit der Rotations-Ebene statuiren) erklärte dem *Copernicus* sehr einfach Praecession und Trepidation.

Man muss gestehen, dass das ganze Räsonnement überaus folgerichtig ist, und dass es einen merkwürdigen Eindruck macht, hier, wie so oft, die formalen Folgerungen des Irrthums als die realen Quellen der Wahrheit zu erkennen.

Anmerkung 2. Die Abhängigkeit der einen Ungleichheit der Planeten-Bewegungen von dem Umlauf der Sonne konnte den Griechen immerhin als eine blos cyclische, nicht physische erscheinen, denn eine solche Ungleichheit, die mit der Wiederkehr derselben Stellung zur Sonne wiederkehrt, war auch beim Monde von ihnen gefunden worden (die Evection), ohne dass ein Zweifel gegen die einfache Bewegung des Mondes um die Erde entstand, die ja durch die Lichtgestalten bis zur Anschauung erwiesen war. Wir wissen, dass diese Wirkung beim Monde eine Folge der Sonnen-Anziehung, bei den Planeten dagegen die optische Wirkung der Erd-Bewegung ist, aber für die Griechen war keinerlei Anhalt zu einer solchen Distinction vorhanden. Deshalb hatte die deutliche Wirkung der scheinbaren Sonnen-Bewegung auf die Planeten-Bewegungen Nichts Auffallendes für sie, was nicht mit der

geocentrischen Theorie ebenso vereinbar gewesen wäre, wie die Bewegung des Mondes.

Die im Texte erwähnten Beobachtungs-Fehler fanden hauptsächlich bei der Bestimmung der Breiten d. h. der Knoten und Neigungen statt und verunstalteten die Theorie ausserordentlich, so dass der Parallelismus der Ebene des Epicykels der obern Planeten mit der Ecliptik sich nicht herausstellte, und dadurch die reale Bedeutung jenes Epicykels als eines blossen Bildes der Erdbewegung noch mehr verhüllt wurde.

Die Ursache jener fehlerhaften Beobachtungs-Resultate war die Unmöglichkeit, die Planeten in der Conjunction zu beobachten, welcher Unmöglichkeit man durch eine sehr rohe Interpolation der vorher und nachher beobachteten Breiten abzuhelfen suchte.

Anmerkung 3. *Copernicus* erkannte mit grossem Scharfblick, dass sich die reale Bedeutung der Sonnen-Bewegung oder Erd-Bewegung bei den Planeten-Bewegungen darin zeigen müsste, dass diejenige Ungleichheit, deren Wiederkehr von der synodischen Umlaufs-Zeit der Sonne und des Planeten abhängig war, auch in ihrem Verlaufe sich nicht nach der Bewegung der mittleren Sonne, sondern nach der wahren Sonne richtete.

Die Alten hatten angenommen, dass die obern Planeten in den, die zweite oder solare Ungleichheit darstellenden, Epicykeln sich so bewegten, dass der Radius vector im Epicykel stets dem von der Erde aus gezogenen Radius vector der mittleren Sonne parallel wäre.

Die Bewegung der mittleren Sonne ist nämlich eine gleichförmige und eignete sich deshalb allein zu der cyclischen Versinnlichung der Ungleichheit, deren reale Ursache verborgen blieb.

Gelang es dem *Copernicus* jedoch nachzuweisen, dass der Radius vector des Planeten im Epicykel dem Radius vector der wahren Sonne parallel blieb, so war in der Bewegung des Planeten, statt einer cyclischen Relation, ein wirkliches Abbild der Sonnen-Bewegung und damit die Nothwendigkeit herausgestellt, nach einer Ursache dieser concreten Abhängigkeit zu suchen.

In der That beging *Ptolemaeus* bei der Theorie der obern Planeten einen nicht unbeträchtlichen Fehler mit der Annahme, dass der Radius vector des Planeten im Epicykel stets parallel dem Radius vector der mittleren Sonne sei (übrigens eine An-

nahme, die er machen musste, denn eine ungleichförmige, der wahren Sonne folgende, Bewegung im Epicykel hätte er durch eine neue Zusammensetzung gleichförmiger Kreisbewegung erklären müssen).

Nach jener Annahme war der Planet in Opposition oder erschien von der Erde aus in derselben Richtung, wie das Centrum seines Epicykels (dessen einfachere Bewegung man mit Hülfe der Oppositionen untersuchen wollte), sobald die Richtung von der Erde nach dem Planeten um 180° von dem Radius vector der mittleren Sonne in Länge verschieden war. Wir wissen, dass jene Übereinstimmung der Richtung nach dem Planeten und dem Epicykel-Centrum oder des geocentrischen und heliocentrischen Ortes nur vorhanden ist, wenn die Länge des Planeten 180° von der der wahren Sonne verschieden ist.

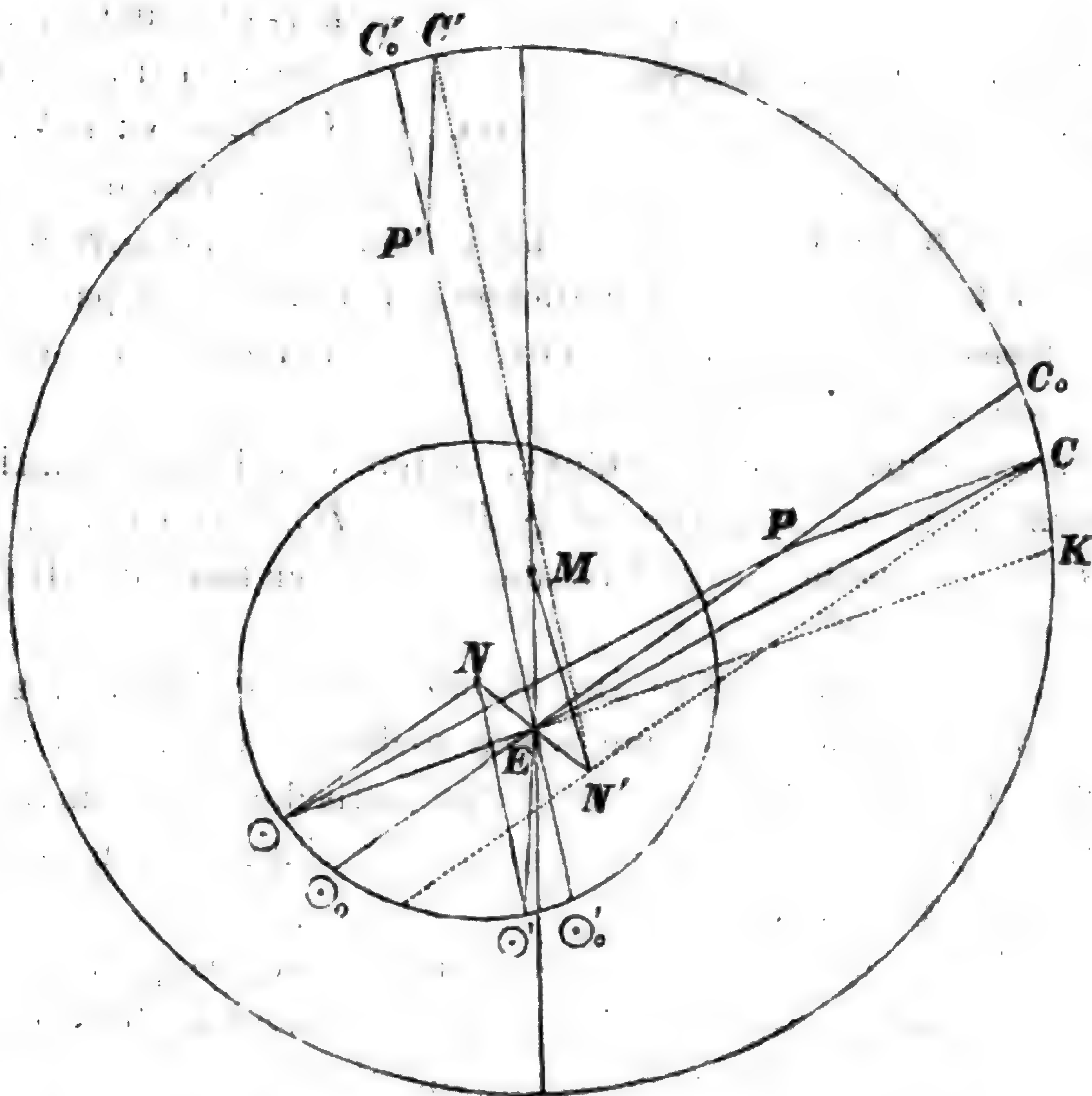
Der daraus hervorgehende Fehler des *Ptolemaeus*, der erst von *Keppler* ganz überwunden wurde, heisst in der Regel der der mittleren Oppositionen.

Dieser Fehler verfälschte das sonst so richtige Verfahren des *Ptolemaeus*, die zweite oder geocentrische Ungleichheit von der ersten oder elliptischen zu trennen. Man fand die letztere nicht rein, sondern vermischt mit einer Wirkung der Excentricität der Sonnen-Bahn, welche ja die Differenz der Richtung nach der mittleren und wahren Sonne bedingt.

Von welcher Art dieser Fehler war, wird die beigesetzte Figur zeigen. Zur Erleichterung wollen wir annehmen, dass bei den obern Planeten ebenso wie bei der einfachen Erd-Bewegung die heliocentrische elliptische Bewegung oder nach *Ptolemaeus* die Bewegung des Epicykel-Centrums um die Erde durch die einfache excentrische Kreisbewegung um einen Mittelpunkt dargestellt wurde, dessen Lage zur Erde durch 3 mittlere Oppositionen bestimmt wurde. Wir vernachlässigen also die sinnreiche Zwei-Theilung der Excentricität, ohne jedoch dadurch die zutreffende Wahrheit der vorliegenden Beweisführung merklich zu gefährden.

Sei E die Erde, N der Mittelpunkt des Excentricus der Sonne, M der Mittelpunkt des Excentricus des Mars.

Die wahre Sonne sei zunächst in $\odot$, so erscheint die mittlere Sonne von der Erde aus in $\odot_0$, so dass $E\odot_0 \parallel N\odot$.



Der Planet sei jetzt in der mittleren Opposition, erscheine also in der Richtung $\odot_0 E C_0$.

Sei C_0 der supponirte Ort des Epicykel-Centrums, so wird der wahre Ort des Planeten in der Opposition irgendwo zwischen E und C_0 sein.

Der wahre Ort des Epicykel-Centrums C wird nun auf dem Excentricus, dessen Mittelpunkt M ist, liegen, und seine Lage gegen den wahren Planeten-Ort wird dadurch bestimmt sein, dass der Radius vector, der den Planeten-Ort und wahres Epicykel-Centrum verbindet, parallel dem Radius vector der wahren Sonne $E\odot$ sein muss und zugleich, da der Epicykel ein wahres Abbild der scheinbaren Sonnen-Bahn ist, dieselbe Grösse haben muss, wie $E\odot$.

Der Radius MC_0 des Excentricus selbst ist durch Beobachtungen des Planeten ausserhalb der Opposition im Verhältniss zum Radius des Epicykels oder zum Radius der Sonnen-Bahn bestimmt.

Um nun den wahren Ort des Epicykel-Centrums und des Planeten zu finden, müsste man EC_0 in dem Verhältniss von $EK : E\odot$ so eintheilen, dass $EC_0 : PC_0 = EK : E\odot$, denn dann wird, da man bei den hier vorkommenden kleinen Anomalie-Winkeln C_0K als Gerade betrachten kann, die zu $\odot K$ parallele Gerade $PC = E\odot$. Und die Richtung EC ist dann parallel der heliocentrischen $\odot P$, unter welcher der Planet selbst von der Sonne aus gesehen wird.

Diese heliocentrische Richtung, befreit von der geocentrischen Ungleichheit (oder dem Winkel $\odot PE = PEC$), hat nun *Ptolemaeus* kennen wollen, er hat aber dafür einfach die Richtung EC_0 genommen.

Mit Hülfe einer zweiten Opposition lässt es sich nun zeigen, dass es einen Punkt giebt, um welchen die Bewegung des wahren Epicykel-Centrums C oder die heliocentrische sehr angenähert ebenso erscheint, wie die Bewegung des eingebildeten Ortes C_0 von E aus erscheint.

Als demnach *Ptolemaeus* aus den mittleren Oppositionen die excentrische Bewegung von C_0 ermittelte, fand er blos ein Bild der heliocentrischen Bewegung, wie sie von jenem näher zu bestimmenden Hülfspunkte aus erscheint.

Sei nämlich ein zweiter Sonnen-Ort $\odot'$, die Richtung nach der mittleren Sonne sei $E\odot'_0 \parallel N\odot'$. Der Planet befände sich wieder in einer mittleren Opposition, also in der Verlängerung von $E\odot'_0$, so findet man seinen Ort P' und den des Epicykel-Centrums C' ganz ebenso, wie vorher auseinandergesetzt, während *Ptolemaeus* das Centrum des Epicykels in der Richtung EC'_0 annimmt.

Zieht man nun sowohl durch C als durch C' Parallelen zu den von *Ptolemaeus* angenommenen Richtungen EC_0 und EC'_0, so werden sich diese Parallelen in einem Punkte N' schneiden, für dessen Lage sich ohne weiteren Beweis ergiebt, dass er in der Verlängerung von NE liegt und dass $EN = EN'$ ist.

Dieser Punkt N', dessen Lage also durch die Apsiden-Linie und die Excentricität der Sonnen-Bahn bestimmt wird, ist in der einfachen excentrischen Theorie der Durchschnitts-Punkt aller ähnlichen Parallelen, und es folgt daraus, dass die von *Ptolemaeus* betrachtete Bewegung des eingebildeten Epicykel-Centrums C_0

nur ein Bild der wahren Bewegung des Epicykel-Centrums (der Stellvertreterin der heliocentrischen Bewegung) ist, wie es von dem Punkte *N'* aus erscheint.

Die Excentricität und die Lage der Apsiden-Linie der Planeten-Bahn, die *Ptolemaeus* aus den mittleren Oppositionen findet, geben also nicht die Lage des wahren Mittelpunkts *M* des Excentricus gegen *E*, sondern die Lage eines andern Punktes oder einfacher die Lage von *M* gegen den Punkt *N'*.

So wird die von *Ptolemaeus* gefundene Länge des Mars-Apogaeums und seine Excentricität nicht dargestellt durch die Richtung und Grösse von *EM*, sondern von *N' M* und dies ist sogar in den Zahlen-Resultaten des *Ptolemaeus* nachweisbar.

Ich wiederhole hier, dass die Zwei-Theilung der Excentricität, welche die elliptische Bewegung genauer darstellt, diese Folgerungen etwas modifizirt, aber doch in der Hauptsache bestehen lässt.

Nun war der grosse Rückschluss des *Copernicus* der folgende: Die Excentricität und das Apogaeum der Sonnen-Bahn sind veränderlich, wie die Beobachtungen von *Hipparch* bis *Regiomontan* ergeben, folglich ist auch die Lage des Punktes *N'* zu *M* veränderlich. Es muss sich also in den nach dem fehlerhaften Princip des *Ptolemaeus* bestimmten Excentricitäten der Planeten-Bahnen oder den Entfernungen *N' M* eine Veränderlichkeit zeigen, welche der Veränderlichkeit der Excentricität der Sonnen-Bahn entspricht.

Zeigte sich dieselbe in der That, so war umgekehrt die Richtigkeit des ganzen, gegen die Anschauung des *Ptolemaeus* gerichteten Räsonnements bewiesen, es war bewiesen, dass auch die Bewegung im Epicykel nicht cyclisch der mittleren Sonne folgt, sondern ein getreues Abbild der wahren Sonnen-Bewegung ist.

Copernicus glaubte nun in der Excentricität der Mars-Bahn jene Veränderlichkeit deutlich zu erkennen (die entfernteren Planeten können sie weniger deutlich zeigen), und so ward die Veränderlichkeit der Excentricitäten das zweite Argument für die Erd-Bewegung.

Venus zeigte noch deutlicher, wie Mars, die Veränderlichkeit der Excentricität. Doch liegt die Sache hier etwas anders und zwar einfacher.

Bei Bestimmung der Constanten der Venus-Bahn (deren eigene Excentricität so klein ist) hatte nämlich *Ptolemaeus* weiter Nichts als einen Cirkelschluss gemacht, indem er einfach auf die Excentricität der deferirenden Sonnen-Bahn zurückkam, welche er bei Vergleichung des Venus-Ortes mit der mittleren Sonne benutzt hatte. Deshalb musste sich in allen ähnlichen späteren Bestimmungen die Variabilität der angenommenen Excentricität der Sonnen-Bahn bei der Venus direkt wieder zeigen.

Es würde dadurch bewiesen, dass der deferirende Mittelpunkt der Venus-Bahn auch die wahre Sonne sei.

Ich mache hier gelegentlich darauf aufmerksam, dass die Venus-Theorie des *Ptolemaeus* die Quelle der wichtigen Entdeckung der Zwei-Theilung der Excentricität ist, indem man an der Veränderlichkeit des scheinbaren Halbmessers der Venus-Bahn auch die Veränderlichkeit der Distanzen der Erde von dem Mittelpunkte dieser Bahn studiren konnte, für deren Ermittelung die Variationen des Sonnen-Halbmessers selbst zu fein waren.

Anmerkung 4. Ich befinde mich hier in bewusstem Widerspruch mit einem Aufsatze des Herrn Dr. *Schinz* in Aarau, welcher in № 6 des Jahrganges 1856 der *Jahn*'schen Unterhaltungen mitgetheilt war.

In diesem übrigens recht interessanten und anregenden Aufsatz sucht der Verfasser nachzuweisen, dass gerade in Folge der machinalen Anschauung der älteren Astronomen über die Bewegung die Erd-Bewegung des *Copernicus* damals viel grössere Schwierigkeiten bereitete, als die Sonnen-Bewegung des *Tycho,* welche alle Planeten mit sich trug.

Es ist dieser Aufsatz hervorgegangen aus einer gesunden Gegenwirkung gegen die enthusiastischen Phrasen über *Copernicus* und die trivialen Herabsetzungen des *Tycho,* die sich in manchen populären Schriften finden.

Aber Herr Dr. *Schinz* hat die Frage bei Weitem nicht erschöpft, seine Tendenz hat seiner Durchdringung des Gegenstandes Halt geboten. Hätte er die machinale Anschauung in ihrer ganzen Allgemeinheit gefasst, so würde er auf der Stelle eingesehen haben, dass derselbe Apparat der Gegenwirkung, welchen die Verbindung

der Rotation der Erde mit ihrer Bewegung um die Sonne beim *Copernicus* verlangt, beim *Tycho* an die Apsiden-Linie, an die Knoten-Linie jeder Planeten-Bahn hätte angebracht werden müssen, um deren coelestisch constante Richtung bei der Deferirung der ganzen Bahn durch die Sonne zu bewahren. Die grössere Klarheit und Einfachheit des Gedankens also ist und bleibt auf Seiten des *Copernicus*.

Über die Sonne.

Von

Dr. *A. Winnecke.*

(Mit Erlaubniss des Herrn Verfassers aus dem Petersburger Kalender für 1862 abgedruckt.)

Einleitung. — Ansichten über die Natur und Grösse der Sonne im Alterthume. — Von der wahren Entfernung und Grösse der Sonne. — Beschreibung des Anblicks, welchen die Sonne im Fernrohre darbietet. — Entdeckung der Sonnenflecken. — Welcher Hülfsmittel bedient man sich, die Sonne zu betrachten? — Erste Folgerungen aus der Entdeckung der Sonnenflecken. — Umdrehungszeit der Sonne; Lage ihrer Axe. — Wird die Ortsveränderung der Flecken durch die Annahme der Rotation der Sonne völlig erklärt? — Von der Unbeständigkeit der Flecken und den Veränderungen ihrer Gestalt. — Meinungen von der Natur der Sonnenflecken. — Von der Atmosphäre der Sonne. — Zeigt sich die Atmosphäre während einer totalen Sonnenfinsterniss? — Von den Beziehungen des Zodiacallichtes zur Sonne und ihrer Atmosphäre. — Von den Protuberanzen. — Von dem Zusammenhange zwischen den Protuberanzen und den Flecken oder Fackeln der Sonne. — Von der Lichtstärke und Farbe der Sonnenflecken; Dawes'sche Centra. — Recapitulation der über den Bau der Sonne enthaltenen Daten. — Erhalten wir von allen Punkten der Sonne gleiche Wärme? — Von den Perioden, welche man in dem Auftreten der Sonnenflecken bemerkt hat. — Die Sonnenflecken und ihre Beziehungen zu irdischen Erscheinungen. — Sind alle Stellen der Sonne gleich häufig von Flecken oder Fackeln besucht? — Von den Andeutungen, welche die Vertheilung der Sonnenflecken auf die sie verlassenden Ursachen gewährt. — Die Sonne als Fixstern. — Ist die Sonne ein veränderlicher Stern? — Können Menschen die Sonne bewohnen?

Einleitung.

Manche Leser dieser Blätter werden die Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860 betrachtet haben; sie werden sich erinnern, dass hier in Russland selbst zur Zeit der grössten Verfinsterung kaum die Hälfte der Sonnenscheibe verschwunden war. Es giebt aber auf der Erde eine schmale Zone, für welche der Mond die Sonne an jenem Tage völlig verdeckt hat. Sie beginnt im grossen Oceane, unfern der californischen Küste, wo die Sonne im Augenblicke des Aufganges völlig verdunkelt war, trifft dann südlich von der Mündung des Columbia River den amerikanischen Continent und durchzieht in nordöstlicher Richtung die Länder der Hudsonsbai-Compagnie. Beim Eintritte in den Atlantischen Ocean biegt sie sich

nach Süden, durchschneidet dann Spanien in der Weise, dass der gesammte Lauf des Ebro in ihr liegt, trifft Iviza und endigt an der Ostküste von Afrika, wo die Sonne völlig verfinstert unterging.

Die Beobachtung einer partialen Sonnenfinsterniss bietet dem Astronomen kein erhebliches Interesse dar. Dagegen sind bei totalen Finsternissen in den letzten beiden Decennien sehr merkwürdige Erscheinungen während der Zeit der völligen Verdeckung der Sonne durch den Mond wahrgenommen, deren vollständig befriedigende Deutung bislang nicht mit Gewissheit gefunden ist. Es wurden deshalb von den Astronomen aller Länder, in denen die Wissenschaft jetzt mit Eifer cultivirt wird, grosse Anstrengungen gemacht, um die vorigjährige Finsterniss so vollständig als möglich in jener schmalen Zone zu beobachten, in der Hoffnung, hinreichende Daten zur Lösung der schwebenden Fragen zu sammeln. Es kann nicht meine Absicht sein, hier eine Aufzählung der verschiedenen Expeditionen und der Astronomen *), aus denen sie bestanden, zu geben; es würde zu weit führen. Aber hervorgehoben muss werden, mit welcher Bereitwilligkeit die Regierungen den Wünschen der wissenschaftlichen Welt entgegengekommen sind; eine Opferbereitheit, welche nur übertroffen wird von der glänzenden Epoche, in welcher Kaiser und Könige gleichsam mit einander wetteiferten, den Astronomen die nöthige Hülfe zu gewähren, um die Entfernung der Erde von der Sonne durch die Beobachtung des Venusdurchganges in den Jahren 1761 und 1769 zu bestimmen. Es hält allerdings die Wichtigkeit der jetzt schwebenden Fragen der Bedeutung der damals zu erlangenden Resultate, wo es sich um definitive Festsetzung der noch heute gültigen absoluten Maasse im Weltenraume handelte, vielleicht nicht die Wage. Aber die damals gemachten Anstrengungen überwiegen auch ungeheuer den vorigjährigen Kraftaufwand, besonders, wenn man die Communicationsmittel der früheren Zeit berücksichtigt. Kostete doch mehreren Beobachtern die Wahrnehmung des Venusdurchganges Jahre mühseliger und beschwerlicher Reisen, wobei der Transport der grossen unbehülflichen Instrumente jener Zeit in den zum Theil

*) Die totale Finsterniss im Juli 1860 ist beobachtet von russischen, deutschen, dänischen, norwegischen, schwedischen, englischen, französischen, portugiesischen, spanischen, italiänischen, ägyptischen und amerikanischen Astronomen.

unwegsamen Ländern unsägliche Mühe und Anstrengung machte. Wie ganz anders jetzt, wo der Dampf dem Menschen Flügel verleiht und Chronometer und leicht transportable Instrumente an die Stelle der alten Reisependeluhren, der mächtigen Quadranten und langen Fernröhre getreten sind, welche sie, trotz der geringeren Dimensionen, an Leistungsfähigkeit weit übertreffen.

Die Bedeutung der während einer totalen Sonnenfinsterniss zu erlangenden Beobachtungen wird auch von dem, der der Astronomie ferner steht, leicht anerkannt werden, sobald er die Überzeugung gewinnt, dass sie die wichtigsten Aufschlüsse über die Natur der Sonne zu geben im Stande sind. Denn Alles, was über die eigentliche Beschaffenheit, die Constitution der Sonne Aufklärung verspricht, hat ohne Zweifel die grösste Wichtigkeit für den denkenden Menschen, ganz abgesehen von der wissenschaftlichen Bedeutung des Fortschrittes der Erkenntniss.

Die Sonne ist unsere mächtige Herrin. An sie gefesselt durch die Banden der Schwerkraft folgen wir ihr auf unermessener Bahn. Kaum ist es dem Scharfsinne des Menschen gelungen, die Richtung zu ergründen, wohin sie uns führt; uns die Gestirne zu zeigen, welchen wir uns seit Jahrtausenden nähern, oder die, von welchen wir uns entfernen. Mit der Gewissheit aber, dass wir im unendlichen Raume immer neue und neue Stellungen einnehmen, erhebt sich sofort eine interessante Frage. Es ist wenig wahrscheinlich, dass die Temperatur des Weltenraumes überall dieselbe sei. Wie nun? wenn die Beschaffenheit der Sonne eine solche wäre, dass ihre Licht- ihre Wärmestrahlung wesentlich sich modificirte nach der Temperatur des Raumes, den wir durchlaufen? Welche Katastrophen könnten daraus für die Bewohner der Erde folgen! Denn der Einfluss der Sonne ist es, der den jetzigen Zustand der Oberfläche unseres Planeten im Wesentlichen bedingt. Sie ist es, welche die Gewässer des Oceans in regelmässiger Ungleichförmigkeit erwärmt und die gewaltigen Meeresströmungen veranlasst, von denen das Klima und die Witterung weiter Länder abhängt. Ihre Strahlen erheben enorme verdunstende Wassermassen aus den Meeren in die Höhe; Strömnngen der Atmospähre in gleicher Weise erregt durch ihren Einfluss, wie die des Oceans, führen sie davon und speisen die Flüsse und Quellen der Continente. Mächtige electrische Ungewitter erregen ihre Strahlen; Blitze und

atmosphärische Niederschläge, gepeitscht von heftigen Winden, zernagen die hohen Gipfel der Berge und nivelliren die Erde. Das Pflanzenleben ist aufs innigste verkettet mit dem Sonnenlichte, mit ihrer Wärme. Lass wenige Grade an einer gewissen Temperatur fehlen und die Pflanze bringt keine reife Frucht und verkümmert. Diese aber ist das Substrat des thierischen Lebens; in ihr formt sich die anorganische Welt zur Nahrung für die thierische um; sie ist das Mittel, dieselbe unsern Zwecken entsprechend zu verwenden. Nun denke man sich eine wesentliche Modification der wärmestrahlenden Kraft der Sonne und man sieht, dass die Erkenntniss ihrer Natur den innigsten Zusammenhang mit den Fragen hat, die über die Fortdauer des jetzigen Bestandes der Dinge auf der Erde, über die Zukunft des Menschengeschlechtes aufgeworfen werden können. Eine befriedigende Lösung dieser ist unmöglich, bevor weitere Schritte in der Beantwortung jener gemacht sind.

Ich beabsichtige im Folgenden die Ansichten über die Natur der Sonne, welchen die Mehrzahl der Astronomen huldigt, kurz darzulegen, mit besonderer Berücksichtigung der Aufschlüsse, welche totale Sonnenfinsternisse über den Bau derselben zu geben versprechen. Wir stehen aber jetzt gewissermaassen an der Schwelle einer neuen Erkenntnissstufe, nachdem seit einigen Jahren die Beobachtungen zur Aufklärung der physischen Beschaffenheit der Sonne nach fast 200jähriger Vernachlässigung, mit Eifer wieder aufgenommen sind. In solchen Fällen bietet eine gemeinfassliche Darstellung nicht geringe Schwierigkeiten dar, besonders, wenn die Zahl der mit völliger Gewissheit erkannten Thatsachen, gegenüber der Fülle der Erscheinungen, gering ist, wie in unserem Falle.

Ansichten über die Natur und Grösse der Sonne im Alterthume.

Im Kindesalter der Menschheit finden wir bei fast allen Völkern die Sonne in der Reihe der Götter und noch heute verehren viele Millionen die wohlthätige Spenderin von Licht und Wärme als ihre Gottheit. Die Geschichte der alten Griechen zeigt hier, wie in so manchen Dingen, die ersten Spuren einer andern Auffassung. Als sich nach Vervollkommnung der Schifffahrt allmälig die Begriffe über die Grösse der Erde und über die Beziehungen des Oceans zu derselben vervollständigten, als in den Finsternissen der Sonne

und des Mondes eine gewisse Gesetzmässigkeit erkannt war, wurden von den Denkenden der Nation die volksthümlichen Begriffe, die alten Fabeln von Apollo und seinem Sonnenwagen, als den Erscheinungen nicht genügend erkannt. Nach dem Zeugnisse von *Herodot* verkündete *Thales* (600 vor Chr.) den Joniern das Jahr jener berühmten Sonnenfinsterniss voraus, welche Tag in Nacht verwandelte und dadurch die kämpfenden Heere der Meder und Lydier trennte. *Thales* soll gelehrt haben, es bedecke der Mond die Sonne bei ihren Verfinsterungen und dieser sei erdiger Natur. Ueberhaupt hielt er alle Gestirne für Körper von erdiger, feueriger Beschaffenheit. Bei seinem Schüler *Anaximander*, dem zweiten in der Reihe der jonischen Philosophen, finden wir diese Ansichten nicht mehr; *Plutarch* erzählt von dessen Meinungen Folgendes: „Er nähme einen Kreis an, 28mal grösser als die Erde, mit einem Rande, vergleichbar einem Wagenrade. Dieser sei hohl und voll Feuer. Durch eine Oeffnung scheine das Feuer aus einem Theile desselben hervor, wie durch eine leuchtende Röhre: und das sei die Sonne. Sie selbst sei gleich gross mit der Erde; der Umfang aber, auf dem sie sich bewegt und von dem ab die Aushauchung vor sich geht, sei 28mal grösser als die Erde. Sie sei platt wie ein Blech. Eine Finsterniss ereigne sich dann, wenn die Aushauchung des Feuers aus der Oeffnung abgeschnitten werde.“ Bei Erklärung der Mondfinsternisse ist sein Ausdruck weniger unbestimmt: sie ereignen sich, wenn die Oeffnung des Kreises verstopft wird.

Die mitgetheilte Ansicht von der Sonne ist merkwürdig als die älteste mit einiger Ausführlichkeit erhaltene. Man könnte dem *Anaximander* vorwerfen, einen Rückschritt gemacht zu haben, weil er die, wie wir jetzt wissen, richtige Erklärung der Sonnenfinsternisse durch *Thales* verliess. Aber es ist zu bedenken, dass *Thales* keine Erklärung der Mondfinsternisse gegeben hatte und dass eine Erklärung derselben aus gleichen Principien, bei der damaligen Ansicht vom Weltenbau nicht möglich war. *Anaximander* aber stellte eine Erklärung der analogen Erscheinungen aus analogen Gründen auf.

Die Pythagoräer scheinen im Allgemeinen richtigere Ansichten von der Natur der Gestirne gehabt zu haben; es ist wahrscheinlich, dass *Pythagoras*, der Stifter der Schule, sich die Weltkörper, die

Erde nicht ausgenommen, als kugelförmig vorgestellt hat. *Pythagoras*, ein Mann scharfsinnigen Geistes, erzählt *Plinius*, habe den Mond 126000 Stadien von der Erde gesetzt; von ihm zur Sonne sei das Doppelte und von ihr bis zum Fixsternhimmel das Dreifache. Später als die Lehre vom Centralfeuer, das im Mittelpunkte des Alls sich befindet, mehr ausgebildet wurde, gewinnen in der Schule wieder irrige Vorstellungen die Oberhand. Durch neuere Forschung ist entschieden, dass das von den Pythagoräern angenommene Centralfeuer durchaus nicht mit der Sonne identificirt werden darf. Es ist ein besonderer Himmelskörper, vom sterblichen Menschen nie gesehen, nur in den Speculationen der Philosophen existirend. *Philolaus*, dem Pythagoräer, zufolge ist die Sonne eine glasartige Scheibe, die uns den Glanz des Centralfeuers zurückstrahlt.

Eigenthümlich ist die Art, wie *Anaxagoras* aus Klazomenae seine Vorstellungen über die Natur der Gestirne bildete. Zu seiner Zeit ereignete sich der berühmte Meteorsteinfall von Aegos Potamos. *Anaxagoras* war der Meinung, dieses Meteor, doppelt so gross wie ein Mühlstein, sei aus der Sonne gefallen. Danach hielt er die Sonne für einen glühenden Stein und bildete eine eigne Theorie, nach welcher alle Gestirne von der Erde durch die Gewalt des Umschwunges des Aethers sich losgerissen haben und durch die Schnelligkeit desselben glühen. *Anaxagoras* kann man als den letzten der griechischen Naturphilosophen betrachten. Die Philosophie schlug nach ihm bei den Griechen neue Bahnen ein. Unbekümmert um die Uebereinstimmung seiner Sätze mit der Wirklichkeit genügte fortan dem Philosophen die consequente Ableitung aus willkürlich aufgestellten Principien.

Vereinzelte Angaben über die Grösse und die Entfernung der Sonne finden wir bei den griechischen Geometern der späteren Zeit. *Aristarch* von Samos fand, dass, wenn der Mond halb erleuchtet ist, der Winkel zwischen Mond und Sonne um nicht mehr als den dreissigsten Theil von einem rechten Winkel unterschieden war. Danach wäre also der Abstand der Sonne von der Erde grösser als 19mal der Abstand des Mondes von der Erde. Die angewandte Methode ist streng richtig; die Schwierigkeit besteht nur darin, genau den Zeitpunkt aufzufassen, wenn die Sonne die uns zugekehrte Seite des Mondes halb erleuchtet. Denn da der Mond nicht vollkommen kugelförmig, sondern mit Bergen bedeckt

ist, welche verhältnissmässig weit höher sind als die der Erde, so ist die Linie, welche Tag und Nacht auf ihm scheidet, eine sehr zerrissene. Man kannte auf diese Weise das Verhältniss zwischen den Abständen der Sonne und des Mondes von der Erde. Die Entfernung des Mondes selbst zu bestimmen, blieb *Hipparch* von Nicäa, dem Vater der Astronomie, vorbehalten. Dieser ausserordentliche Mann, von dem die Schriftsteller des Alterthums mit der grössten Ehrfurcht sprechen, der die eigentliche Astronomie theoretisch schuf und durch Beobachtungen die Elemente derselben für seine Zeit bestimmte, machte die Bemerkung, dass dieselbe Sonnenfinsterniss nicht an allen Orten der Erde von gleicher Grösse erscheine und fand den wahren Grund davon in der verschiedenen Entfernung der Sonne und des Mondes von der Erde. Durch Vergleichung der an verschiedenen Orten beobachteten Grösse des vom Monde verdeckten Theiles der Sonne ergab sich, dass die Entfernung des Mondes von der Erde 33 Durchmesser der Erde beträgt, eine Zahl, die, mit der jetzt angenommenen verglichen, nur etwa um $\frac{1}{10}$ zu gross ist.

Archimedes, der grosse Geometer, hatte schon früher den scheinbaren Durchmesser der Sonne zu ermitteln versucht. Von den Bemühungen desselben ist uns seine eigne interessante Darstellung erhalten. Er fand, dass der scheinbare Sonnendurchmesser zwischen $\frac{1}{164}$ und $\frac{1}{200}$ eines rechten Winkels enthalten sei, eine vollkommen richtige Bestimmung mit allerdings sehr weiten Gränzen.

Ptolomäus bestimmte die Entfernung des Mondes nach denselben Principien, wie *Hipparch* aus eignen Beobachtungen, wozu er ein besonderes Instrument ersann. Durch eine scharfsinnige Betrachtung der Breite des Schattenkegels der Erde an den Stellen, wo ihn der Mond bei seinen Finsternissen durchläuft, verbunden mit der bekannten scheinbaren Grösse der Sonne und des Mondes erhielt er dann eine Bestimmung der Entfernung der Sonne. Sein auf diese Weise ermitteltes Verhältniss der Entfernung von Sonne und Mond stimmt merkwürdiger Weise fast genau überein mit den Angaben von *Aristarch*. Nimmt man als Einheit den Halbmesser der Erde an, so beträgt der Halbmesser des Mondes $\frac{1}{4}$, der der Sonne 5, die Entfernung der Sonne von der Erde 1210, die des Mittelpunktes der Mondbahn 59, Werthe, die anderthalb Jahrtausende blindlings auf die Autorität des *Ptolomäus* hin angenommen

sind. Das unbegränzte Ansehen seines grossen Werkes, des vielfach commentirten und in eine Menge von Sprachen übersetzten Almagest, schwand erst, als durch *Kepler*'s riesenhafte Arbeiten über die Planetenbahnen und *Galiläi*'s Entdeckungen am Himmel das Kopernicanische Weltsystem trotz des grimmen Widerstandes der Anhänger der alten Schule, als Wahrheit allgemein anerkannt wurde.

Kepler war der Erste, der, gestützt auf Tychonische Beobachtungen, in seinen Tabulis Rudolphinis eine beträchtlich grössere Entfernung der Sonne einführte, nämlich 3381 Halbmesser der Erde; noch immer beträchtlich zu klein.

Von der wahren Entfernung und Grösse der Sonne.

Betrachtet man eine Kugel aus grosser Entfernung, so erscheint sie dem Auge als kreisförmige Scheibe. Man denke sich nun von den beiden Endpunkten eines Durchmessers dieser Scheibe gerade Linien nach dem Auge des Beobachters gezogen. Der Winkel, unter welchem sie sich im Auge vereinigen, hängt von zwei Elementen ab. Entfernt der Beobachter sich von der Kugel, so wird der Winkel kleiner; er wird grösser, wenn er sich ihr nähert. Stellt man statt der ersten Kugel eine andere grössere auf, während der Beobachter an seinem Orte bleibt, so wird der Winkel ebenfalls grösser, und umgekehrt. Die Verbindung zwischen der Entfernung der Kugel vom Beobachter, ihrem Durchmesser und jenem Winkel leuchtet also ein. In der That ist es leicht, aus je zweien dieser Stücke das dritte zu berechnen. In der Astronomie bezeichnet man jenen Winkel mit zwei verschiedenen Namen, je nach dem Standpunkte, auf welchen man sich versetzt. Versetze ich mich an den Ort, wo die Linien sich schneiden, so heisst der Winkel der scheinbare Durchmesser des Himmelskörpers, an den die Linien gezogen sind. Versetze ich mich auf diesen, so nennt man ihn die Parallaxe des andern. Der scheinbare Durchmesser der Erde für die Sonne ist also identisch mit der Parallaxe*) der Sonne für die Erde.

Sobald die Parallaxe der Sonne bekannt ist, kann ihre Ent-

*) Gewöhnlich versteht man unter Parallaxe die Hälfte des oben definirten Werthes; die folgenden numerischen Angaben sind gleichfalls so zu verstehen.

fernung von der Erde in denjenigen Einheiten angegeben werden, mit denen wir die Entfernungen auf der Erde messen, und in denen wir, zufolge der Gradmessungen, den Erddurchmesser angeben können. Die ungemeine Kleinheit der Parallaxe macht aber ihre Bestimmung äusserst schwierig. Man hat, um grössere Genauigkeit zu erreichen, folgenden Weg eingeschlagen. Es giebt einige Planeten, welchen die Erde beträchtlich mehr sich nähern kann, als der Sonne. Man bestimmt nun die Parallaxe des Planeten um die Zeit seiner grössten Nähe, erhält also den Abstand der Erde von ihm. Das Verhältniss dieses Abstandes zur Entfernung der Erde von der Sonne ist aber für jede Zeit nach Vorschriften der theoretischen Astronomie bekannt.

Cassini scheint der Erste gewesen zu sein, welcher diesen Weg betreten. Aus Beobachtungen des Planeten Mars zur Zeit seiner Opposition mit der Sonne fand er die Parallaxe desselben zu 25″ und da die Entfernung des Planeten zur Zeit der Beobachtung nur $\frac{4}{10}$ der Entfernung der Sonne von uns betrug, so ergiebt sich die Parallaxe der Sonne zu 10“, ein der Wahrheit schon sehr genäherter Werth. Ihm entspricht eine Entfernung der Sonne von 20626 Erdhalbmessern.

In ähnlicher Weise kann man aus den Beobachtungen der Venus um die Zeit, wenn sie der Erde sehr nahe ist, die Bestimmung der Sonnenentfernung erhalten. Zuweilen ereignet es sich, dass die Venus in der Weise zwischen Sonne und Erde durchgeht, dass sie sich auf die Sonnenscheibe projicirt; der Planet ist uns dann sehr nahe und die Beobachtung einer solchen partialen Verfinsterung äusserst genau. Die Bestimmung der Venusparallaxe auf diese Weise scheint bei gehöriger Auswahl der Beobachtungsorte auf der Erde im Wesentlichen nur den Fehlern unterworfen zu sein, die aus der begränzten optischen Kraft der Fernröhre entspringen. Der noch jetzt als gültig angenommene Werth der Entfernung der Erde von der Sonne beruht auf den Beobachtungen der Venusdurchgänge in den Jahren 1761 und 1769. Nach *Encke*'s sorgfältigen Rechnungen ergiebt die Gesammtheit der Beobachtungen in den beiden Jahren die Parallaxe zu 8″57. Diesem Winkel entspricht unter Annahme des Erdhalbmessers nach *Bessel* zu 859,45 Meilen, eine Entfernung von 20½ Mill. Meilen. Das Licht legt nach *Struve*'s Bestimmungen diesen Weg in $8^m 18^s$ zurück; der

Postzug der Moskauer Eisenbahn würde dazu aber 438 Jahre gebrauchen.

Die Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne ist die einzigste Grösse, welche gegründet nur auf Beobachtungen so entlegener Zeiten, in denen die Hülfsmittel bedeutend unvollkommener waren, sich in der Wissenschaft erhalten hat. Die Gründe davon sind die grossen Vorzüge der erwähnten Methode und die ungemeine Seltenheit der Venusdurchgänge. Erst im Jahre 1874, also nach 105jähriger Frist, wird wieder ein Venusdurchgang, leider weniger günstig für die Ermittelung der Sonnenentfernung stattfinden. Im Jahre 1882 wird man vielleicht Genaueres erhalten, wenn man ebenso wenig die Anstrengungen und die Kosten scheut, als im Jahre 1769. In Petersburg werden beide Durchgänge unsichtbar sein. In dem langen Zeitraume, der seit 1769 verflossen ist, hat man einige Male versucht, sich dem wahren Werthe durch Beobachtungen des Mars und der Venus in der Erdnähe noch mehr zu nähern, ohne jedoch zuverlässigere Resultate zu erlangen. Noch in den letzten Jahren wurde eigens zu diesem Zwecke eine astronomische Expedition von den Vereinigten Staaten nach Chile gesandt. Leider hat sie ihren Zweck nicht erreicht, zum Theil wegen Mangel an Theilnahme anderer Sternwarten.

Der scheinbare Durchmesser der Sonne beträgt, nach den Messungen von *Schlüter* am Königsberger Heliometer, welche die sichersten vorhandenen sind, für die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 31′59″93. Diese Messungen lehren zugleich, dass die Sonne keine für unsere jetzigen Instrumente messbare Abplattung hat; der Durchmesser von Pol zu Pol gemessen ist im Mittel genau so gross gefunden, wie der Durchmesser, welcher dem Aequator entspricht. Der wirkliche Durchmesser ergiebt sich aus obiger Zahl zu 192700 Meilen. Vielleicht trägt folgende Bemerkung zur Versinnlichung dieser ungeheuern Grösse etwas bei. Wenn man die Erde in den Mittelpunkt der als Hohlkugel gedachten Sonne versetzt, so kann der Mond in seiner wirklichen Entfernung um sie kreisen und es bleibt zwischen ihm und dem nächsten Punkte auf der Oberfläche der Sonne doch noch eine Entfernung, welche nur etwa $\frac{1}{8}$ kleiner ist, als sein Abstand von der Erde. Bei dieser verschwindenden Kleinheit der Erde gegen die Sonne

wird es nicht überraschen, dass erst 355000 Erdkugeln gleiches Gewicht mit der einen Sonnenkugel haben.

Eine progressive Abnahme oder periodische Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers, wie man eine Zeitlang nach unvollkommenen Beobachtungen für wahrscheinlich hielt, ist durchaus nicht erwiesen.

Beschreibung des Anblicks, welchen die Sonne im Fernrohre darbietet.

Betrachtet man die Sonne in einem guten Fernrohre unter Anwendung eines Blendglases, welches derselben ihre eigenthümliche Farbe lässt, so erscheint sie als eine weisse Scheibe, an den Rändern etwas matter als in der Mitte, besät mit unzähligen schwärzlichen Pünktchen oder Schüppchen, die sich allenthalben bis fast an den Rand verfolgen lassen. Die Oberfläche erscheint griesig; ihr Aussehen erinnert an das einer Orange, die man aus einiger Entfernung betrachtet. Bei Anwendung starker Vergrösserung sieht man, dass diese Schüppchen allerlei Gestalt haben und bemerkt nach kurzer Frist, dass sie sehr veränderlicher Natur sind. Ein Pünktchen, dessen Lage wir in diesem Augenblicke uns genau bemerkt haben, ist häufig im nächsten nicht mehr zu finden; oder aber, es hat sich verdunkelt, wird grösser und zeigt sich als sehr kleiner, intensiv dunkler Fleck auf der Sonnenscheibe. Solche kleine, sehr dunkle, man möchte sagen völlig schwarze, Flecken zeigt die Sonne häufig in grosser Menge; man trifft sie meistens in Gruppen an, besonders in der Nähe von grossen Flecken, zu denen sich isolirte Haufen derselben nicht selten ausbilden.

Die grossen Flecken zeigen, wenn sie mitten auf der Scheibe sind, häufig eine Gestalt, die im Allgemeinen sich der Kreisform nähert, falls nicht ein anderer grösserer Fleck in der Nachbarschaft ist. Man unterscheidet bei ihnen mit Leichtigkeit zwei deutlich von einander verschiedene Theile, den inneren (den Kernflecken), dessen Dunkelheit beträchtlich ist, und den äussern, der ringförmig den Kernflecken umgiebt und Hof oder Halbschatten genannt wird. Der Hof erscheint in mattgrauer Farbe, dem Eindrucke nach nicht gar sehr verschieden von der Farbe der grauen Flecken auf dem Monde, die Jedermann mit freiem Auge sieht und in denen phantasiereiche Leute die Gestalt eines Mannes erkennen,

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich bald, dass genau kreisrunde Formen oder überhaupt reguläre Figuren nie vorkommen. Der Umriss ist der eines höchst unregelmässigen Vielecks, vielfältig unterbrochen von vorspringenden Ecken oder Zungen. Ereignet es sich, was nicht selten vorkommt, dass mehrere grössere Flecken einandes nahe stehen, so kann man die abenteuerlichsten Gestaltungen wahrnehmen. *)

Ausser den dunklen bemerkt man helle Flecken, Fackeln genannt, auf der Scheibe, jedoch gewöhnlich nur in der Nähe der Ränder. Es sind zum Theil sehr langgestreckte aderartige Gebilde, beträchtlich heller als die ihnen benachbarte Oberfläche der Sonne. Zwischen ihnen, oder auch isolirt davon, bemerkt man häufig rundliche Lichtknoten, dem Wesen nach, wie es scheint, mit den Fackeln identiseh. Stehen grössere Flecken in der Nähe des Randes, so zeigen sich ohne Ausnahme Fackeln in ihrer Nachbarschaft. Das Umgekehrte findet jedoch nicht Statt; es ist aber selten, dass man zwischen Fackeln nicht einen oder den andern der sehr kleinen schwarzen Flecken bemerkte.

Um die Begriffe zu fixiren, wird es gut sein, über die Dimensionen der Flecken und Fackeln etwas beizubringen. Der scheinbare Durchmesser der Sonne in der mittlern Entfernung ist 1920″; denkt man sich eine Kugel, so gross wie unsere Erde, auf die Oberfläche der Sonne gelegt, so wird sie uns nur als ein Kreis von 17″ Durchmesser erscheinen; hierdurch erhält man einen Maasstab für die folgenden Zahlen.

Einer der grössten behoften Kernflecken, den ich gesehen habe, erschien in den letzten Tagen des Decembers 1852; er war bequem dem blossen Auge sichtbar und sein Durchmesser betrug 117″; er war also siebenmal grösser im Durchmesser, als die Erde. Flecken, deren scheinbarer Durchmesser grösser als eine Bogenminute ist, sind gar nicht selten. Im Jahre 1851 wurden, nach *Schwabe*, 13 behofte Kernflecken dem blossen Auge sichtbar; davon hatten die grössten im Durchmesser: Jan. 12. 79″, Februar 12. 74″, März 15. 69″, Juli 17. 82″, Dec. 20. 70″. Die vorstehenden Angaben beziehen sich auf die Grösse der Kernflecken mit den Höfen; die Kerne selbst sind bei weitem kleiner, etwa im Verhältniss von 3 : 8.

*) Man sehe die Skizze eines Fleckens, Seite 114.

Nicht selten ereignet es sich, dass auf der Sonne ganze Gruppen von Flecken sich zeigen, welche durch Höfe und Punkte gleichsam mit einander verbunden sind. Die Ausdehnung solcher Gruppen ist zuweilen ganz ungeheuer. So hatte eine Gruppe am 14ten Juni 1847 eine Ausdehnung von 668″ von Ost nach West, übertraf also den dritten Theil des Sonnendurchmessers. Eine so enorme Ausdehnung ist übrigens sehr selten und Gruppen von 300″—400″ Länge gehören schon zu den bedeutend grossen.

Auch die Fackeln erstrecken sich meistens über sehr bedeutende Flächen. Am Tage der totalen Sonnenfinsterniss vom 18ten Juli 1860 stand eine brillante Fackelgruppe dem Ostrande der Sonne sehr nahe. Nach *Schweizer*'s Beobachtungen am Moskauer Refractor betrug die Ausdehnung dieser Gruppe in der Richtung des Sonnenrandes 240″. Die Lichtknoten sind sehr viel kleiner; ihr grösster Durchmesser beträgt nur 6″—10″. Es sind aber doch immer Gegenstände, deren Grösse wir nur mit der Grösse unserer Erde vergleichen können.

Entdeckung der Sonnenflecken.

Ueber den ersten Entdecker der Sonnenflecken sind die Stimmen lange getheilt gewesen; *Galiläi* und *Scheiner* haben in einem hitzigen Streite, bei dem sie nicht immer mit den besten Waffen kämpften, diese Ehre jeder für sich in Anspruch genommen. Neuere, über den Parteien stehende Forschung lässt jedoch kaum einen Zweifel aufkommen, dass *Johannes Fabricius*, ein Ostfriese, das Verdienst hat, zuerst die Sonnenflecken als solche erkannt zu haben. Jedenfalls ist er es, welcher zuerst öffentlich mit seiner Wahrnehmung in einer 1611 zu Wittenberg gedruckten Schrift „de maculis in sole observatis et apparente earum cum sole conversione narratio" auftrat. *Scheiner*'s erste Schrift datirt vom Anfange des Jahres 1612; es sind pseudonyme Briefe an *Velser*, den damaligen Bürgermeister von Augsburg. *Galiläi*'s erste Druckschrift ist seine „epistola ad *Velserum* de maculis solaribus," ein Antwortschreiben auf die ihm von *Velser* zugesandten Briefe *Scheiner*'s. *Scheiner* machte seine Beobachtungen im Jesuitencollegium zu Ingolstadt. Die Entdeckung, dass die Sonne, das ewige Licht der Welt, mit dunklen, veränderlichen Flecken behaftet sei, verstiess so sehr gegen die damaligen Ansichten, wonach Alles oberhalb des Mondes

als unwandelbar und vollkommen angesehen wurde, dass seine Collegen ihm wenig Glauben schenkten. Man erzählt eine ergötzliche Anecdote von dem damaligen Provinzial, *Th. Busäus*, der gegen *Scheiner* äusserte, als dieser ihm seine Entdeckung mittheilte: „Ich habe *Aristoteles* Schriften vielfach von einem Ende bis zum andern durchgelesen und kann Dir versichern, dass ich darin Nichts von dem, was Du erzählst, gefunden habe. Geh, mein Sohn beruhige Dich und glaube mir, dass, was Du für Flecken auf der Sonne hältst, nur Fehler Deines Glases oder Deiner Augen sind." Auch erlaubte er nur die pseudonyme Veröffentlichung der Entdeckung, weil, wie *Scheiner* selbst in seiner Rosa Ursina berichtet, er nicht wolle, dass dessen Name einer „so unvermutheten und Vielen verdächtigen Sache" vorgesetzt werde.

Die Ansprüche des Engländers *Harriot*, welchem *Zach* die Ehre der Entdeckung der Sonnenflecken am Ende des vorigen Jahrhunderts vindiciren wollte, sind gering, wie sein Landsmann *Rigaud* bei Besprechung der *Harriot*'schen Manuscripte gezeigt hat.

Kepler meinte die ersten Nachrichten von Sonnenflecken schon bei einem alten römischen Dichter gefunden zu haben. In seinem Gedichte vom Landbau sagt *Virgil* von der Sonne:

Ille ubi nascentem maculis variavert ortum.
Wenn sie gefleckt, vielfarbig erscheint beim werdenden Aufgang.

Und weiter:

Sin maculae incipient rutilo immiscerier igni.
Doch wenn Flecken einmal mit röthlichem Feuer sich mischen.

Virgil spricht aber nur von der Sonne, insofern sie als Verkündigerin des Wetters ihrem Aussehen nach bei Auf- und Untergang betrachtet werden kann. Der erste Vers deutet ihm auf Regen, der zweite auf Regen und Sturm, gefährlich dem Seemanne. Noch heute giebt es kein besseres Mittel, sich über die Zustände der untern Luftschichten auf weite Strecken ein Urtheil zu verschaffen, als die Betrachtung der Sonne am Horizonte, wie den Seeleuten wohl bekannt ist. Die Beziehung auf das, was wir jetzt Sonnenflecken nennen, ist offenbar äusserst gering.

Nach den Erzählungen von *Mailla* und *Acosta* kannten die Chinesen und Peruaner die Sonnenflecken; so soll der Inca *Huayna Capac* Zweifel geäussert haben, ob die Sonne eine Gottheit sei,

als einst ein für das unbewaffnete Auge sichtbarer Sonnenfleck erschien.

Am 29sten November 1606 fand eine untere Conjunction des Mercur mit der Sonne statt; der Planet konnte möglicherweise auf der Sonne erscheinen. *Kepler* bemerkte in der That an dem Tage einen kleinen runden Fleck auf der Sonne „so gross wie eine Fliege." Er triumphirte und glaubte den Mercur, welchen er übrigens grösser erwartet hatte, gesehen zu haben. Wir wissen heute, dass es unmöglich ist, auf die Weise, welche *Kepler* zur Beobachtung der Sonne anwandte (die Fernröhre wurden erst zwei Jahre später erfunden) Mercur vor der Sonne wahrzunehmen. *Kepler* hat also einen Sonnenfleck für den Planeten angesehen. Vom Jahre 807 wird ebenfalls von einem Mercursdurchgange berichtet; der Planet war acht Tage lang auf der Sonne zu sehen; ein Mercursdurchgang kann aber nur einige Stunden dauern. Ähnliche Erzählungen liessen sich noch mehrere anführen.

Es ist hiernach nicht zweifelhaft, dass man vor Erfindung der Fernröhre gelegentlich Flecken auf der Sonne bemerkt hat, ohne aber ihre Natur zu erkennen. Flecken, welche man ohne Hülfe der Ferngläser erblicken kann, sind überhaupt nicht selten und es erscheinen in gewissen Jahren mehrere dergleichen.

Welcher Hülfsmittel bedient man sich, die Sonne zu betrachten?

Um die Flecken zu sehen, wartete man Anfangs die Augenblicke ab, wenn eine Wolke erlaubte, die Sonne ungestraft zu betrachten, oder wenn dicker Nebel sie kaum hervorblicken liess, Unter dem reinen Himmel von Italien beobachtete *Galiläi* die Sonne in der Nähe des Horizontes, wenn die Dünste desselben ihr Licht schon beträchtlich geschwächt hatten. Wie schädlich diese Art des Beobachtens für's Auge und für die Genauigkeit der Wahrnehmungen selbst ist, sieht man leicht. *Scheiner* erzählt in seiner Rosa Ursina, dass der Erfinder des Teleskops an einer Augenentzündung gestorben sei, welche er sich durch Betrachtung der Sonne mittelst des neuen Instrumentes zugezogen habe; auch *Galiläi*'s langwierige Augenkrankheiten und sein schliessliches Erblinden schreibt man nicht mit Unrecht seinen häufigen Sonnenbeobachtungen zu.

Johannes Fabricius räth, zuerst einen kleinen Theil der Sonne im Fernrohre zu betrachten und allmälig immer mehr und mehr, um das Auge an das helle Licht zu gewöhnen; denn, sagt er, selbst wenn die Sonne am Horizonte ist, reizt ihr Anblick die Augen so stark, dass man zwei Tage lang die Gegenstände ganz anders erblickt. Bald jedoch wandte er die Methode, deren man sich zur Beobachtung der Finsternisse schon lange bediente, zur Betrachtnng der Sonne an; dieselbe, welche *Kepler* anwandte, um den Mercur 1606 auf der Sonne zu erblicken, bei welcher Gelegenheit er, wie wir gesehen haben, einen ihrer Flecken wahrnahm. Lässt man durch ein feines Loch die Lichtstrahlen in ein dunkles Zimmer fallen, so bilden sich die äussern Gegenstände auf einer der Öffnung gegenüberstehenden Fläche ab; es ist die einfachste Form der Camera obscura. In dem auf diese Weise erlangten Bilde von der Sonne sind die grössern Flecken recht gut wahrnehmbar und man kann sie ohne jede Gefahr für's Auge betrachten. *Galiläi* erkannte in diesem so einfachen Verfahren die cortesia della natura. Einer seiner Schüler, *Capelli*, vervollkommnete es, indem er das Sonnenlicht statt durch eine kleine Öffnung, durch ein Fernrohr einfallen liess. Um auf diese Weise die Sonnenflecken zu sehen genügt ein gewöhnliches Fernrohr. Man stelle es so, dass man dadurch entfernte Gegenstände deutlich sieht und ziehe dann das Rohr noch ein wenig aus. Richtet man es nun auf die Sonne und fängt die aus dem Augenglase austretenden Sonnenstrahlen auf einem weissen Papierschirme auf, so wird man auf ihm das runde Sonnenbild wahrnehmen. Durch Nähern oder Entfernen des Papiers vom Augenglase findet sich leicht der Ort, wo man das Bild und die dunkeln Flecken darauf am deutlichsten sieht. Diese Methode ist schon sehr vollkommen, kann jedoch durchaus nicht die dierecte Betrachtung der Sonne ersetzen, durch welche bei weitem feineres Detail erkannt werden hann.

Zur directen Betrachtung schützt man jetzt das Auge durch farbige Gläser, welche man vor dem Oculare befestigt. *Scheiner* ist der erste, welcher dies Verfahren angewandt hat, wie es scheint, auf Vorschlag des *J. Baptist Cysat*. Er benutzte die farbigen Gläser in mehrfacher Weise, um das Sonnenlicht zu schwächen. In seinem ersten Briefe an *Velser* sagt er, dass ein am Oculare (ex ea parte, qua admovetur oculus) befestigtes Planparallelglas

die Betrachtung der Sonne selbst am Mittage ohne Schaden für's Auge erlaube. Er verfertigte auch ein Fernrohr, dessen sämmtliche Linsen aus farbigen Gläsern bestanden, ein Verfahren, welches noch heute Nachahmung verdiente, sobald es gelingen sollte, gefärbte Gläser in hinreichender Vollkommenheit und Grösse darzustellen. Die Unvollkommenheit der farbigen Gläser der ältern Zeit scheint bald die Anwendung derselben zwischen Auge und Ocular in Misscredit gebracht zu haben. *Greaves*, Professor der Astronomie in Oxford um's Jahr 1643, beschädigte sein Auge beim Messen des Sonnendurchmessers so stark, dass er noch mehrere Tage lang immerfort eine Menge Krähen in der Luft zu erblicken glaubte. Offenbar hatte er kein Blendglas benutzt. *Hooke*, der berühmte Nebenbuhler *Newton*'s, meint, dass die gefärbten Gläser zu verwerfen seien, weil sie das Bild undeutlich und neblig machten; ausserdem erlaubten sie nicht, die Gegenstände in ihrer wahren Farbe zu erkennen. Der letzte Einwand gilt zum Theil noch heute; jedoch hat man Combinationen von gefärbten Gläsern erfunden, welche die Sonne fast weiss zeigen. *W. Herschel* schlug zur Beobachtung der Sonne *Newton*'sche Teleskope mit Glasspiegeln vor. *J. Herschel*, sein berühmter Sohn, hat diesen Vorschlag modificirt, so dass in einem nach seinen Ideen ausgeführten Teleskope die Strahlen, bevor sie das Ocular erreichen, auf etwa $\frac{1}{900}$ ihrer ursprünglichen Intensität reducirt werden. Ein Versuch, ein derartiges Instrument in die Praxis überzuführen, ist von dem geistreichen Pariser Künstler *Porro* gemacht. Er nimmt zur Lichtschwächung ausser der Reflexion noch die Polarisation zu Hülfe und es leidet keinen Zweifel, dass sein Helioskop mit Vortheil zu Untersuchungen über die Sonnenflecken anzuwenden ist. Man hat sich aber bislang nicht entschliessen können, bedeutende Opfer darzubringen für die Ausführung eines zu so speciellen Untersuchungen bestimmten Instrumentes.

Erste Folgerungen aus der Entdeckung der Sonnenflecken.

Als *Johannes Fabricius* den ersten Sonnenfleck erblickte, glaubte er, dass der schwärzliche, ziemlich grosse Fleck eine Wolke sei. Aber als er ihn mehrfach mit verschiedenen Fernröhren betrachtet hatte und als sein Vater *David Fabricius*, ein gelehrter Astronom, dem er den Fleck zeigte, ihn ebenfalls sah,

hielt er sich für versichert, dass es keine Wolke sei. „Wir brachten den übrigen Theil des Tages und die folgende Nacht in äusserster Ungeduld zu, erzählt er, und dachten darüber nach, was der Fleck sein könnte. Wenn er auf der Sonne ist, sagte ich, so werden wir ihn ohne Zweifel wiedersehen; wenn er nicht auf der Sonne sich befindet, so wird ihn seine Bewegung unsichtbar machen. Endlich, am Morgen, sah ich den Fleck mit unglaublichem Vergnügen wieder. Aber er hatte seinen Platz ein wenig verändert und das vermehrte meine Ungewissheit. Drei Tage lang verhinderte das schlechte Wetter die Beobachtung. Dann aber sahen wir den Fleck wieder; er war in schräger Richtung nach Westen gegangen. Wir erblickten auch einen andern kleineren in der Nähe des Sonnenrandes, welcher nach einigen Tagen bis zur Mitte gelangte; endlich kam noch ein dritter hinzu. Der erste verschwand dann und wenige Tage später auch die andern. Ich schwebte zwischen Furcht und Hoffnung, sie nicht wieder zu sehen, aber 10 Tage später erschien der erste wieder im Osten. Ich sah nun ein, dass er eine Umdrehung gemacht hatte und bin in dieser meiner Meinung seit Anfang des Jahres immer mehr bestärkt. Auch habe ich Andern die Flecken gezeigt, welche dieselbe Überzeugung gewonnen haben, wie ich. Indessen blieb mir noch immer ein Zweifel, der mich abhielt, über diesen Gegenstand zu schreiben. Ich sah, dass die Flecken nicht denselben Abstand unter einander behielten, dass sie ihre Gestalt und Geschwindigkeit änderten. Aber mein Vergnügen war um so grösser, als ich den wahren Grund davon einsah. Denn, da es nach diesen Beobachtungen wahrscheinlich ist, dass die Flecken auf der Sonne selbst sich befinden, die sphärisch und ein fester Körper ist, so müssen sie kleiner werden und ihre Bewegung verlangsamen, wenn sie sich dem Rande der Sonne nähern."

Fabricius zog also aus seinen Beobachtungen der Flecken sehr bald den richtigen Schluss, dass die Sonne sich um ihre Axe drehe. Ein sehr wichtiges Ergebniss für die damalige Zeit, in der des *Copernicus* Lehre von der Axendrehung der Erde eben anfing, auch in weitern Kreisen als wahrscheinlich betrachtet zu werden. Um den anfänglichen Grund seines Zweifels einzusehen, braucht man nur einen runden Fleck auf einer Kugel (z. B. auf einer Lampenkuppel, bei der der Cylinder als Axe dienen mag)

aus einiger Entfernung zu betrachten. Befindet er sich genau für unsern Standpunkt in der Mitte, so wird er rund erscheinen. Er wird aber scheinbar immer schmäler und schmäler werden, wenn man ihn durch Drehung aus der Mitte entfernt. Eine gleichförmige Bewegung ist die, bei der in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden. Es möge nun die Dauer der Verschiebung der Kuppel, damit der Fleck um seinen Durchmesser fortrückt, immer gleich sein. Da uns dieser Durchmesser in der Richtung der Bewegung am Rande der Kuppel aber viel kleiner erscheint, so scheint es, als ob zu gleichen Zeiten ungleiche Verschiebungen gehören.

Scheiner, dem es nicht recht in den Sinn wollte, das Auge der Welt zu trüben, hielt die Flecken anfänglich für Körper, welche ähnlich wie die Planeten, um die Sonne sich bewegen. Weil sie dunkel waren hörte man auf sie zu sehen, sobald sie die Sonnenscheibe verlassen hatten. *Galiläi* bekämpfte seine irrige Meinung mit Glück. Ausser den dunkeln Flecken fand er hellere Stellen darauf; er nannte sie Fackeln. Für diese aber konnte nicht gelten, was *Scheiner* von der Unsichtbarkeit der Flecken ausserhalb der Sonne gesagt hatte. Jene, die stärker leuchteten, als die Sonne, hätten nicht unsichtbar werden können, sondern hätten ausserhalb der Sonnenscheibe gesehen werden müssen. Nichtsdestoweniger tauchen *Scheiner*'s erste Meinungen, die er bald selbst verliess, nach Jahren in einzelnen Schriften wieder auf. So schrieb der belgische Jesuit *Malapertius* ein Buch, worin er die Sonnenflecken für Planeten erklärte und Austriaca sidera benannte; der Franzose *Jean Tarde* gab ihnen den Namen Borbonia sidera. Der Gedanke kehrt in noch abenteuerlicher Gestalt sogar später noch einmal wieder. *Gascoigne*, ein englischer Astronom, glaubte die Veränderungen der Sonnenflecken am besten zu erklären, wenn er eine Menge halbdurchsichtiger Planeten um die Sonne kreisen liesse, welche einzeln kaum bemerkbar, durch ihre häufigen Conjunctionen die Flecken verursachten. Ähnlich, wie ein Flug Vögel müssten sie danach immer andere und andere Gestalten darbieten.

Umdrehungszeit der Sonne. Lage ihrer Axe.

Schon vor der Entdeckung der Rotation der Sonne durch *J. Fabricius* hatte *Giordano Bruno*, der wegen seiner ketzerischen

Lehren im Jahre 1600 zu Rom den Scheiterhaufen besteigen musste, die Rotation der Sonne vermuthet. Auch *Kepler* spricht in einer 1609 erschienenen Schrift von der Umdrehung der Sonne um ihre Axe, in welcher er die Ursache der Bewegungen der Planeten suchte. Er meinte, sie müsse sich in drei Tagen umdrehen. Über die Dauer der Umdrehung der Sonne findet sich keine directe Angabe in der kleineu Schrift des *Fabricius;* einen beiläufigen Werth von 24—26 Tagen ergeben aber seine angeführten Beobachtungen ohne Zwang. *Galiläi* bestimmte die Zeit, welche die Sonnenflecken gebrauchen, um vom östlichen Sonnenrande bis zum westlichen zu wandern, schon in dem vom Dec. 1612 datirten Briefe an *Velser* zu etwas weniger als 14 Tage, woraus also die scheinbare Rotationsdauer der Sonne sich etwas kürzer als 28 Tage ergiebt. Ihm gebührt also die Ehre zuerst hierfür eine sehr nahe richtige Bestimmung gegeben zu haben. *Scheiner* nimmt in seinem erst 1630 erschienenen weitläufigen Werke über die Sonne die Umdrehung zwischen 26—27 Tagen an; ein Werth, welcher der Wahrheit nicht näher kommt als der des grossen italiänischen Astronomen.

Die beiläufige Bestimmung der scheinbaren Rotationsdauer der Sonne ist sehr leicht, sobald man einen Fleck während mehrerer Umdrehungen verfolgen kann. So beobachtete *Schwabe* im Jahre 1840 einen Fleck, welcher nach Schätzung Mai 11., Juni 8., Juli 5., Aug. 1., 28., Sept. 24., Oct. 21. und Nov. 16. in der Mitte der Sonne stand. Daraus folgt also für die scheinbare Rotationszeit successiv 28, 27 und 26 Tage, Mittel 27 Tage. Selten aber kehrt ein Fleck mehr als einmal zurück; die meisten entstehen und verschwinden in kürzerer Frist. Durch andere Methoden hat man gefunden, dass die Flecken im Mittel nach 27½ Tagen wieder an derselben Stelle der Sonne erscheinen.

Liefe die Erde nicht um die Sonne, so würde diese Zeit die wahre Rotationsdauer angeben. Erscheint ein Fleck aber für uns nach 27½ Tagen wieder mitten auf der Sonne, so haben wir uns um $\frac{27\frac{1}{2}}{365\frac{1}{4}}$ des Kreisumfanges, welchen die Erde um die Sonne jährlich durchläuft, von dem Standpunkte entfernt, den wir bei der ersten Beobachtung inne hatten. Da nun die Sonne in derselben Richtung rotirt, so hat sie eine ganze Umdrehung und $\frac{27\frac{1}{2}}{365\frac{1}{4}}$ (nahe $\frac{1}{13}$) Umdrehung machen müssen, damit der Fleck wieder in der-

selben Richtung erscheint. Es sind also $\frac{14}{13}$ Umdrehungen gleich $27\frac{1}{2}$ Tagen oder die wahre Umdrehungszeit beträgt $25\frac{1}{2}$ Tage.

Ausser der Dauer der Rotation lässt sich aus den Beobachtungen der Flecken erkennen, nach welchem Punkte am Himmel die Rotationsaxe der Sonne gerichtet ist, oder, um mich eines Ausdruckes zu bedienen, der Manchem anschaulicher sein wird, welches für die Sonne der Polarstern ist. Betrachtungen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann, haben ergeben, dass der Nordpol der Sonne nahezu auf den Stern π im Bilde des Drachen, der Südpol fast genau auf den Stern x in der Malerstaffelei gerichtet ist.

Ähnlich wie von einem Erdäquator spricht man auch von einem Sonnenäquator. Der Erdäquator ist, wie allgemein bekannt, gegen die Ebene, in welcher wir unsern jährlichen Umlauf um die Sonne vollenden um 23° 27′ geneigt; hierdurch entsteht ja der Wechsel der Jahreszeiten. Die Neigung *(N)* des Sonnenäquators gegen diese Ebene beträgt nur 7° 10′ und es machen die Linien, in welchem die Ebenen des Erdäquators und des Sonnenäquators die Ebene der Ekliptik durchschneiden einen Winkel (☊) von 74° 30′ mit einander.

Hier eine Übersicht der hauptsächlichsten Bestimmungen dieser Grössen, nämlich der Neigung des Sonnenäquators zur Ekliptik und jenes Winkels:

		☊ 1850.	*N.*	
Scheiner	1626	67° 0′	7°15′	Vieljährige ungenaue Beobb. vieler Flecken.
La Hire	1703	81 36	6 56	Nach *Lalande*'s Berechnung 3 Flecken.
Lalande	1771	77 56	7 15	Ein Fleck 1767, ein zweiter 1775.
Fixlmillner	1779	73 20	7 15	Aus öftern Fleckenbeob. zwischen 1776—82.
Böhm	1834	77 1	6 57	Häufige Beobb. von 13 Flecken. 1833—36.
Laugier	1840	75 16	7 9	Beobb. von 29 Flecken. 1840?

Es sind nur diejenigen Bestimmungen angeführt, bei denen das Resultat auf Beobachtungen von wenigstens zwei Flecken zu verschiedenen Zeiten beruht, Man würde eine lange Liste zusammenstellen können, wenn man alle Angaben sammeln wollte, welche aus Beobachtungen nur eines Fleckens abgeleitet sind.

Man sieht, dass die Bestimmungen erheblich unter einander differiren.

Wird die Ortsveränderung der Flecken durch die Annahme der Rotation der Sonne völlig erklärt?

Wären die Flecken Gegenstände, welche ähnlich wie die des Mondes einer starren, unveränderlichen Oberfläche der Sonne angehörten, so würde die Beobachtung eines jeden derselben für die Rotationsdauer der Sonne denselben Werth ergeben müssen, abgesehen natürlich von den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern. Die Erfahrung lehrt aber, dass die Beobachtungen verschiedener Flecken weit ausserhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler verschiedene Werthe für die Umdrehungszeit ergeben, ja dass ein und derselbe Fleck zuweilen zu ganz von einander verschiedenen Resultaten führen kann.

Im April 1857 erschien eine merkwürdige Gruppe auf der Sonne, welche mehrere Revolutionen hindurch aushielt; *Schwabe* und *Secchi* haben von ihr interessante Zeichnungen gegeben. *Fearnley* in Christiania beobachtete den Hauptflecken, um die Elemente der Sonnenrotation zu bestimmen, und erhielt daraus folgende Resultate:

Aus der ersten Erscheinung		Rotationszeit:	25,46	Tage
" " " und zweiten Erscheinung		"	25,67	"
" " zweiten allein		"	25,83	"
" " " und dritten	"	"	25,87	"
" " dritten allein	"	"	26,23	"

Laugier fand bei seinen Arbeiten zur Bestimmung der Umdrehungszeit der Sonne Werthe, welche zwischen 24,28 und 26,23 Tagen schwanken; das Mittel aller einzelnen Resultate beträgt 25,34 Tage. Solche enorme Differenzen sind aber durch Beobachtungsfehler oder Aenderungen in der Figur der Flecken durchaus nicht zu erklären. Es müssen daher die Flecken ihren Ort auf der Oberfläche der Sonne verändern. Ein Beobachter, welcher von einem fernen Weltkörper aus die Umdrehungszeit der Erde durch Beobachtung ihrer Flecken bestimmen wollte, würde zu ähnlichen Ergebnissen kommen, wenn er Wolkenanhäufungen in unserer Atmosphäre, welche ohne Zweifel in grosser Entfernung als helle Flecken im Vergleich mit den wolkenlosen Stellen erscheinen werden, beobachten würde. Offenbar würde die Zeit der Umdrehung, welche er dadurch erhielte, bedeutend von der Richtung und Stärke

des die Wolkenmassen führenden Luftstromes abhängen. Aehnlich wie auf der Erde giebt man den Ort eines Fleckens auf der Sonne nach heliocentrischen Längen und Breiten an, Grössen, welche aus den unmittelbaren Beobachtungen der Flecken ohne Schwierigkeit hergeleitet werden können. Hätten nun die Flecken keine Eigenbewegung auf der Sonne, so würde die Länge und Breite eines derselben nach den verschiedenen Beobachtungen, die man während seiner Sichtbarkeit anstellen kann, immer dieselben sein. Das ist aber häufig nicht der Fall. Im November 1816 begann *Bianchi* in Modena die Beobachtung eines Fleckens, der später noch viermal wiederkehrte, zuletzt im März 1817, und jedesmal häufig von ihm, der Position nach, bestimmt wurde. Für die nördliche Breite des Fleckens fand er:

Erste	Erscheinung	6°	26′
Zweite	=	8	22
Dritte	=	8	18
Vierte	=	10	55
Fünfte	=	14	57

Ein Breitengrad auf der Oberfläche der Sonne beträgt 1680 Meilen und die nördliche Breite des Flecks hatte in vier Monaten um 8° zugenommen; er war also über 100 Meilen täglich nach Norden gewandert, eine Geschwindigkeit, welche kaum von unsern schnellsten Eisenbahnzügen übertroffen wird. Zur Benutzung der Längen für eine ähnliche Vergleichung wäre eine genaue Kenntniss der Rotationsdauer erforderlich. Bestimmt man aber die Längendifferenz zweier benachbarten Flecke so wird man davon unabhängig. Es findet sich häufig, dass diese von Tage zu Tage sich ändert; dass die beiden Flecken ziemlich regelmässig sich von einander entfernen oder sich nähern.

Schon *Petersen* hat 1840 darauf hingedeutet, dass die eigenen Bewegungen der Sonnenflecken hauptsächlich dem Sonnenäquator parallel vor sich gehen; *Carrington*'s Messungen bestätigen diesen Schluss. Sie zeigen ferner, dass diese Bewegungen abhängig sind von dem Abstande der Flecken vom Sonnenäquator und zwar in der Weise, dass Flecken in höhern Breiten, einerlei ob nördlich oder südlich, für die Rotationsdauer der Sonne einen grössern Werth ergeben, als das Mittel; dagegen Flecken in der Nähe des Aequators Werthe, welche kleiner sind. Die Rotationsdauer der

Sonne, welche man aus den Beobachtungen eines Fleckens erhält, wird also immer andere und andere Werthe annehmen, je nachdem man einen Fleck wählt nahe beim Aequator, im mittlern Abstande vom Aequator, oder in extremen Breiten. Welcher von diesen Werthen entspricht nun der wahren Rotationsdauer der Sonne? Wahrscheinlich keiner; denn alle Flecken werden ihren Ort auf der Oberfläche der Sonne verändern; bislang können wir aber nur die Unterschiede dieser Veränderungen bestimmen, nicht die Veränderungen selbst.

Carrington erhielt aus sehr vielen Beobachtungen während zweier Jahre (1854 bis 1856,) in denen Flecken hauptsächlich nur in der Nähe des Aequators auftraten, die Rotationsdauer $25^{T}11$; in den darauf folgenden Jahren (1856—58) waren die Flecken in der Nähe des Aequators selten, häufig dagegen in mittleren Breiten und es fand sich die Dauer der Umdrehung $25^{T}90$. Wegen der hiernach obwaltenden Ungewissheit über die wahre Rotationsdauer der Sonne sind im vorigen Abschnitte immer nur in runden Zahlen die Angaben dafür gemacht.

In den Bewegungen der Flecken in Breite hat man bislang noch keine Gesetzmässigkeit mit Sicherheit erkannt. *Peters*, welcher 1845 und 1846 in Neapel die Sonnenflecken zum Gegenstande besonderer Aufmerksamkeit gemacht hatte, meint, sie näherten sich im Allgemeinen dem Aequator. *Carrington* widerspricht dem. Das obenangeführte Beispiel des von *Bianchi* beobachteten Flecks würde eine eclatante Ausnahme machen, wenn die Ansicht von *Peters* begründet wäre.

Als merkwürdig verdient hier angeführt zu werden, das *Böhm* keine bestimmte Spuren von Eigenbewegung bei den in den Jahren 1833—1835 häufig beobachteten 13 Flecken bemerkt hat.

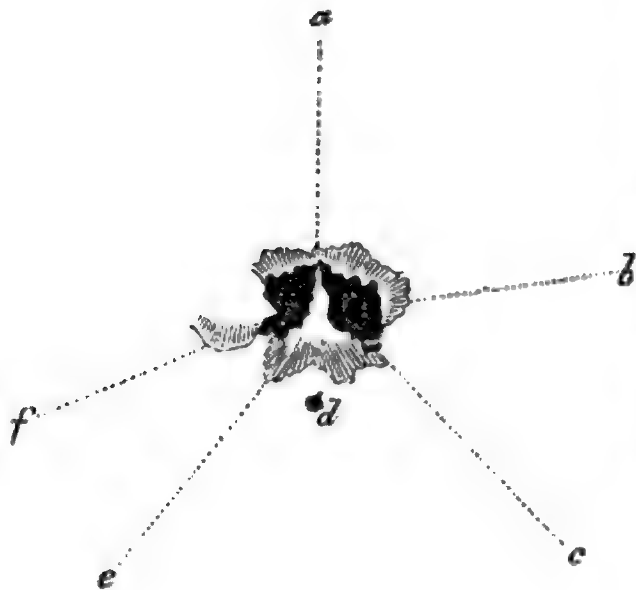
Von der Unbeständigkeit der Flecken und den Veränderungen ihrer Gestalt.

Für den Besitzer eines kleinen Fernrohrs ist es ein Leichtes, sich durch den Augenschein von der sehr unbeständigen und veränderlichen Natur der Sonnenflecken zu überzeugen. Er braucht die Flecken nur mehrere Tage nach einander aufmerksam zu betrachten. Einige Uebung wird die perspectivischen Wandelungen, von denen hier nicht die Rede ist, von den wahren Veränderungen

leicht unterscheiden lehren. Grössere Fernröhre sind erforderlich um die zuweilen fast augenblicklich vor sich gehenden Veränderungen wahrzunehmen. *W. Herschel,* der mit Recht der Betrachtung der kleinsten in seinen mächtigen Fernröhren wahrnehmbaren Poren eine besondere Aufmerksamkeit widmete, erklärt sie für fortwährenden, augenblicklichen Veränderungen unterworfen. Gleich rasche Veränderungen zeigen die etwas grösseren Flecken, die Punkte. Am 12^{ten} October 1847 erblickte *Schwabe* mit seinem 3½-f. Fernrohre an einer Stelle voll Poren und Narben nur ein feines schwarzes Pünktchen. Im 6-f. Fernrohre erschien es deutlicher; nach 4^m—5^m wurde daneben plötzlich ein zweites, etwas kleineres Pünktchen wahrgenommen, welches im 3½-f. Fernrohre jetzt nicht nur ebenfalls bemerkbar war, sondern ausserdem ein noch feineres Doppelpünktchen südlich davon, welches 5^m früher im 6-f. noch nicht zu sehen war. Die Gegend wurde im Laufe des Tages mehrfach betrachtet; es zeigten sich noch einzelne Pünktchen, sonst aber weiter keine auffallende Erscheinungen.

Häufig bemerkt man, dass kleine schwarze Flecken sich vergrössern; sie zeigen dann meist eine höchst unregelmässige, eckige Gestalt. Nachdem sie eine gewisse Grösse angenommen haben, welche jedoch sehr verschieden den absoluten Dimensionen nach sein kann, fangen sie an, sich mit Halbschatten zu umgeben; sie gestalten sich um zu behoften Kernflecken. Es ist selten, bei der Schnelligkeit, mit der diese Vorgänge sich ereignen, die Natur dabei auf der That zu belauschen; ich will daher hier die Ausbildung eines behoften Kernfleckens beschreiben, von der ich am 10^{ten} März 1861 Zeuge war.

Kurz nach Mittage wurde die Sonne am Pulkowaer Heliometer eingestellt. Es fand sich, dass seit dem Tage vorher zwei neue, sehr beträchtliche Gruppen, die eine auf der südlichen, die andere auf der nördlichen Halbkugel der Sonne sich gebildet hatten. Als ich nach Betrachtung der schon am vorhergehenden Tage wahrgenommenen Gruppen den grössten Fleck der nördlichen neuen Gruppe wieder ansah, glaubte ich Veränderungen zu bemerken. Ich zeichnete nun die Gruppe und bemerkte schon während der Entwerfung der Skizze die erstaunlichsten Wandelungen. Als ich anfing sie zu entwerfen, waren nur geringe Spuren von Halbschatten zwischen *a* und *b* zu sehen; als ich sie nach kurzer



Frist um $0^h 30^m$ St.zeit vollendet hatte, war zwischen *c* und *e* der Halbschatten schon fast ausgebildet; er war nach aussen am Rande dunkler als nach innen. Die Spitze der lichten Zunge bei *a* zwischen den beiden dunklen Flecken schien mir so hell als die übrige Sonne.

Um $0^h 35^m$ war plötzlich ein hakenförmiges Stück Halbschatten, wie es bei *f* gezeichnet ist, entstanden. Vor dem Flecken *d* wich der Halbschatten scheinbar zurück.

0^h 40^m. Es ist kein Zweifel, dass die vor wenigen Minuten wahrgenommene Schattencurve (bei *f*) den Halbschatten um den Fleck nach oben vervollständigen wird.

0^h 41^m. An der Spitze der Lichtzunge (bei *a*) löst sich ein Lichtball ab und geht auf den schwarzen Fleck rechts; von der gegenüberstehenden rechten Seite des Flecks rechts kommt ihm ein anderer Lichtball entgegen.

0^h 43^m. Die beiden Lichtwolken haben sich genähert, von oben, d. h. von der der Spitze *a* gegenüberstehenden Halbschattengegend, kommt eine dritte.

0^h 46^m. Die obere ist verschwunden; die beiden einander gegenüberstehenden hellen, jetzt länglichen, nierenförmigen Gebilde gewähren einen schönen Anblick auf dem dunklen Kerne. Die linke erscheint zuweilen durch einen feinen schwarzen Strich von der grossen Lichtzunge getrennt. Der Halbschatten hat sich auf der linken Seite des Flecks schon ganz ausgebildet; die Schattencurve war also wirklich der Anfang! Der Halbschatten ist dort nach innen (näher am Kerne) noch sehr hell.

0^h 51^m. Die Lichtnieren haben sich einander noch mehr genähert; es trennt sie nur ein schmaler Zwischenraum. An der Stelle der frühern dritten Wolke zeigt sich wieder eine neue.

0^h 56^m. So weit ich sehen kann, sind die Lichtnieren vereinigt; sie sind viel schmäler geworden und bilden jetzt einen

Steg über den Kernfleck rechts. Die grosse Lichtzunge verkleinert sich immer mehr; sie wird auch dunkler; sie unterscheidet sich wenig von dem gewöhnlichen Aussehen des Halbschattens.

$1^h\ 1^m$. Der Steg ist wieder zerbrochen; die Substanz, aus der er besteht, verliert an Leuchtkraft; auf der linken Seite, wo die ersten Anfänge gesehen wurden, ist er mit vieler Mühe zu sehen, auf der rechten besser.

$1^h\ 4^m$. Der Halbschatten um den grossen Fleck unterscheidet sich auf der linken Seite nicht weiter von gewöhnlichem Halbschatten. Der Halbschatten hat sich dem Fleck *(d)* sehr genähert; dieser wird bald auf seinem Rande stehen.

$1^h\ 8^m$. Die Lichtniere links ist ganz verschwunden; ich vermuthe jedoch dort über dem Kernflecken noch eine leichte graue Färbung.

$1^h\ 17^m$. Der Fleck *(d)* steht ganz auf dem Halbschatten.

Ich breche hier die weitere Mittheilung des Auszugs aus dem Tagebuche ab, da Vorstehendes mehr als hinreichend sein wird, von den ungeheuren Veränderungen auf der Sonne in kürzester Frist eine angemessene Vorstellung zu geben. Es ist dabei nicht zu vergessen, dass die Flächenräume, auf denen diese raschen Veränderungen vor sich gingen, nur mit der Ausdehnung der den Alten bekannten Oberfläche unserer Erde zu vergleichen sind. Das vorstehende Beispiel habe ich herausgehoben, weil es gleichzeitig enorme Veränderungen im Halbschatten und am Kernfleck darbietet.

Am 1sten Sept. 1859 bemerkte *Carrington* während der Betrachtung der auf eine Tafel, behufs Ortsbestimmung der Flecken, projicirten Sonnenbilder innerhalb der Fläche einer beträchtlichen Fleckengruppe das plötzliche Erscheinen von zwei ausserordentlich hellen, weissen, nierenförmig gestalteten Flecken. Der erste Eindruck war der, dass zufällig ein Lichtstrahl durch irgend ein Loch in dem Schirme, welcher am Fernrohre befestigt war, um das directe Sonnenlicht von der Projectionstafel abzuhalten, gedrungen sei; denn die Helligkeit war völlig gleich der des directen Sonnenlichtes. Aber eine Verstellung des Fernrohrs zeigte, dass dem nicht so war. Die schnelle Zunahme der Erscheinung, die Ungewöhnlichkeit derselben, veranlassten *Carrington*, rasch einen zweiten Zeugen zu holen. Nach kaum einer Minute ans Fernrohr

zurückgekehrt, bemerkte er aber zu seinem Leidwesen, dass die Erscheinung sich sehr geändert hatte und weit schwächer geworden war; bald darauf verschwand die letzte Spur derselben. Der Augenblick der ersten Wahrnehmung war nicht 15^s verschieden von 11^h 18^m Greenw. Zt. und 11^h 23^m entsprach der letzten Sichtbarkeit der rasch abnehmenden Lichttüpfel. In diesen fünf Minuten hatten die Lichtflocken ihren Ort um eine Grösse geändert, welcher auf der Oberfläche der Sonne 7000 Geogr. Meilen entsprechen. *Carrington* fügt seiner Erzählung des Thatbestandes noch hinzu: Beim ersten Anblicke einer Erscheinung so ähnlich einem plötzlichen Brande, war es unmöglich, etwas Anderes zu erwarten, als eine beträchtliche Veränderung in dem Detail der Gruppe, worin sie vor sich ging; und ich war wahrlich überrascht, als ich bei Vergleichung der Skizze, welche ich sorgfältig und zu meiner Zufriedenheit (ich muss hinzufügen glücklicherweise) vor dem Ereignisse vollendet hatte, nachher durchaus nicht im Stande war, irgend welche Wandelung zu constatiren. Der bei mir zurückgebliebene Eindruck ist, dass die Erscheinung stattfand in einer beträchtlichen Höhe über der allgemeinen Oberfläche der Sonne, also auch weit oberhalb der grossen Gruppe, in welcher man sie durch Projection sah.

Dieselbe Erscheinung wurde durch einen glücklichen Zufall auch von *Hodgson* direct gesehen. Er beschreibt sie als blendend für das geschützte Auge, als die obern Seiten des anliegenden Halbschattens erhellend, ähnlich der Erscheinung der Ränder irdischer Wolken bei Sonnenuntergang. Er sah sie etwa fünf Minuten lang und setzt ihr plötzliches Verschwinden auf 11^h 25^m. Die magnetischen Instrumente in Kew wurden gleichzeitig bedeutend gestört.

Obgleich die vorstehende, äusserst merkwürdige Wahrnehmung wohl nicht völlig hierher gehört, so habe ich geglaubt, sie doch nicht übergehen zu dürfen, zumal, da sie unter Umständen angestellt ist, welche ihre vollkommene Verlässlichkeit verbürgen.

Hat ein einzeln stehender Kern sich mit Halbschatten umgeben, so erreicht er bald eine gewisse Stabilität. Die Veränderungen, welche seine Figur oder Grösse erleidet, sind gering, zuweilen nur in dem feinern Detail wahrnehmbar. Ist er in dieser Weise eine Zeitlang sichtbar gewesen, so zeigen sich Lichtbrücken, Stege,

die den Kern gleichsam spalten; sie vermehren sich, werden breiter und verdecken gewissermaassen den schwarzen Kern mit sammt seinem grauen Hofe. Alle diese Veränderungen beim Verschwinden eines Sonnenflecks sind aber weit langsamer, als beim Entstehen und es vergehen oft viele Tage, ehe eine Gruppe verschwindet, die in kurzer Frist entstand.

Meinungen von der Natur der Sonnenflecken.

Die Veränderlichkeit und Vergänglichkeit der Sonnenflecken veranlasste den grossen Florentiner Astronomen sie für Wolkenmassen zu halten, welche in der Sonnenatmosphäre, ähnlich wie in der unsrigen, sich dann und wann bilden, und nachdem sie einige Zeit gedauert, wieder verschwinden. Wo eine solche Wolke entsteht, entzieht sie uns den Anblick der leuchtenden Sonnenoberfläche. Aber was sind dann die Höfe, welche die grossen Sonnenflecken fast beständig umgeben; wodurch entsteht die scharfe Grenze zwischen Kern und Hof? Was soll man von den Fackeln halten, welche man in der Nähe von Flecken ohne Ausnahme bemerkt, sobald sie näher dem Sonnenrande stehen? Man kann bei *Scheiner*, dem Widersacher dieser Ansicht, zwischen den Zeilen lesen, wie man zu seiner Zeit, vielleicht im Sinne des *Galiläi*, die Entstehung der Fackeln erklärte. Die Sonne, eine reine, glatte, leuchtende Kugel, dachte man sich umgeben von einer nicht völlig durchsichtigen Hülle, dem Sitze aller Veränderungen. Man nahm nun an, dass ein Fleck, der sich aufgelöst hatte, eine durchsichtige Stelle in der Hülle zurückliess (analog wie auf der Erde nach starken Regengüssen die Luft ungewöhnlich heiter ist), so dass an dieser Stelle die Sonne heller erscheinen, d. h. eine Fackel sich zeigen musste.

Scheiner glaubte anfangs, wie wir gesehen haben, die Sonnenflecken durch Verdunkelungen erklären zu können, welche Planeten, die in geringem Abstande von der Sonne dieselbe umkreisen, von Zeit zu Zeit hervorbringen. Bald aber überzeugte er sich, dass sie wirklich zur Sonne gehörten. Er versetzt die Flecken, Halbschatten, Fackeln auf die Oberfläche der Sonne, leugnet aber eine Atmosphäre derselben. Dieser Oberfläche der Sonne giebt er eine gewisse Dicke; er hält sie für flüssig und feurig und zeigt, dass dieses auch die Meinung aller kirchlichen und Profanscribenten ist.

Er nennt sie die physische Oberfläche der Sonne, im Gegensatz zur mathematischen. Sie sei nicht glatt, sondern wie das Meer von vielfältigen Wellen gekräuselt. Gleich wie man sage, die Schiffe oder Vögel schwämmen auf der Oberfläche des Meeres, einige bis zur Hälfte ihres Körpers eingetaucht, andere mehr: ebenso verhalte es sich mit den Flecken auf der Oberfläche der Sonne. Die Flecken ragen zum Theil aus dem Lichtmeere hervor; das eingetauchte Stück sehen wir nicht. Ihre Schwärze in der Mitte (der Kernfleck) entsteht nicht allein, weil die Körper dort höher sind, mehr hervorragen, sondern die schwarzen Flecken, die Nebel, die Fackeln, bestehen aus dem Wesen nach verschiedenen Stoffen. Und zwar ist der Stoff der Kerne der dichteste, der der Fackeln der leichteste, wie unter andern auch daraus folgt, dass aus aufgelösten Flecken häufig Schatten und Fackeln entstehen, die einen weit grössern Raum einnehmen, als der ursprüngliche Fleck. Das Verschwinden der Flecken, ihr Uebergang in Fackeln sind *Scheiner* wirklich physische Veränderungen.

Im Jahre 1627 hatte *Raphael Aversa* ein Werk über Philosophie herausgegeben, worin er die Sonne für einen flüssigen Körper erklärt, in dem, wie in einer wallenden, geschmolzenen Metallmasse hier und da undurchsichtige Theile sich finden, die von Zeit zu Zeit durch die Bewegung der Flüssigkeit an der Oberfläche erscheinen, dann wieder untergehen und unsichtbar werden. Das wären die Flecken. *Scheiner* hält diese Erklärung nicht für zureichend; sie habe sich ihm oft während der Beobachtungen aufgedrängt, aber er habe sie doch nicht adoptiren können. Es widerlegt sie in 14 Sätzen und Gegenfragen. Darunter sind einige, von denen ich nicht weiss, ob er sie durch seine Annahmen zu erklären versucht hat. Die Hypothese des *Raphael Aversa* ist identisch mit der Ansicht von der Natur der Sonnenflecken, als deren Urheber man gemeiniglich *La Hire,* einen französichen Astronomen aus viel späterer Zeit, betrachtet.

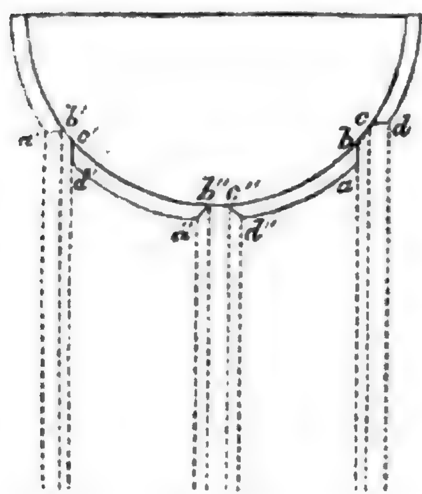
Ebenso liest man schon in *Scheiner*'s Rosa Ursina, dass Einzelne der Ansicht seien, die Sonnenflecken wären dunkle Berge, welche aus dem Feuermeere, womit sie sich die Sonne umgeben dachten, hervorragen, eine Meinung, womit in der Mitte des vorigen Jahrhunderts *Fontenelle* die sogenannte *Lahire*'sche Theorie verbessern wollte. Diese Meinung ist durch *Lalande* weiter ausge-

bildet. Er nahm an, dass der dunkle, unebene Sonnenkörper mit einem leuchtenden, der Ebbe und Fluth unterworfenen, Meere umgeben sei. Bei der Ebbe werden einzelne Gipfel entblösst; sie erscheinen uns dann als dunkle Flecken auf der lichten Oberfläche; die Fluth bedeckt sie von neuem und sie verschwinden. Das Lichtmeer ist durchsichtig und erlaubt bis zu gewissen Tiefen den dunkeln Grund zu sehen; daher müssen die Flecken häufig mit einem Halbschatten umgeben sein. Auch giebt es gewisse Stellen, wo das Meer in weiten Ausdehnungen zur Zeit der Ebbe sehr seicht ist; dort sehen wir dann weitverbreitete Halbschatten ohne Kernflecken.

Lalande hat selbst auf einen Widerspruch aufmerksam gemacht. Nicht selten ereignet es sich, dass ein Kern sich plötzlich theilt, d. h. dass man plötzlich statt eines, zwei durch einen lichten Streifen von einander gesonderte Flecken, umgeben von gemeinschaftlichem Halbschatten, erblickt. *Lalande* erklärt das durch ein tiefes Thal, welches den Berg spaltet, aber mit ringsum hohen Wänden. Steigt die Fluth so hoch, dass sie sich über die Ränder ergiessen kann, so wird die Flüssigkeit das Thal ausfüllen und der Fleck durch einen hellen Streif getrennt erscheinen. Gleichzeitig aber hat man häufig beobachtet, dass dicht neben einem solchen Flecken andere kleinere zum Vorschein kommen. Hier müsste also das Meer ebben, unmittelbar daneben aber wäre Fluth. Ein offenbarer Widerspruch. Die jetzt unzweifelhaft erwiesene Ortsveränderung der Flecken giebt jener Hypothese den Todesstoss, ganz abgesehen davon, dass sie Detail gar nicht erklärt. Es ist gewiss merkwürdig, dass selbst in unsern Tagen namhafte Astronomen ihr zugethan sein können.

Derham glaubte, die Sonne sei mit unzähligen feuerspeienden Bergen bedeckt. Aehnlich wie bei unsern irdischen Vulkanen ginge dem Ausbruche der Flammen und Laven erst ein Aschenregen zuvor. Das sei der Halbschatten; der Kern werde durch den mittlern dichten Theil des Aschenkegels, die emporgeworfenen Steine und Schlacken, gebildet. Die Fackeln seien nach Vollendung des Aschenauswurfes, die hervorbrechende und in langen Zügen ringsum sich zerstreuende glühende Lava. *Wollaston,* der bemerkt hatte, dass die Flecken meistens von einem hellen Rande eingeschlossen sind, hielt für nöthig hinzuzufügen, dass die Krater auf hohen Bergen gelegen sein müssten.

Im November 1769 beobachtete *Wilson*, Professor der Astronomie in Glasgow, einen grossen Sonnenflecken, von dessen Dasein ihn ein Londoner Freund benachrichtigt hatte. Er befand sich schon dem westlichen Rande ziemlich nahe. Als er ihn am folgenden Tage wieder erblickte, war damit eine auffallende Veränderung vor sich gegangen. An der Seite, welche dem Sonnenmittelpunkte näher lag, war der gestern ringsum gleich breite Halbschatten auffallend schmal geworden. Am Tage darauf, als der Fleck nur ein Bruchtheil einer Bogenminute vom Rande entfernt stand, war der Halbschatten auf der der Sonnenmitte zugekehrten Seite ganz verschwunden. Die Annahme, dass die Flecken Aushöhlungen wären in einem Lichtfluidum, womit die an sich dunkle Sonne umgeben sei, erklärte ihm dies auffallende Phänomen vollständig. Beistehende Figur stellt einen Durchschnitt der Sonnenhalbkugel vor, ***abcd***, ***a'b'c'd'*** die Höhlung.



In der Mitte der Sonnenscheibe werden wir neben dem dunklen Grunde der Sonne ***b''c''***, der als Kern des Fleckens erscheint, auf beiden Seiten in gleicher Breite die Abhänge ***a''b''*** und ***c''d''*** als Halbschatten erblicken. Rückt der Fleck durch die Rotation der Sonne weiter nach Westen, so wird ein Augenblick eintreten, in dem unsere Gesichtslinie genau in die Richtung des Abhanges ***ab*** fällt; wir werden den Fleck also auf der Seite, welche der Mitte der Sonne zugekehrt ist, ohne Halbschatten erblicken; während auf der andern Seite ***cd*** als Halbschatten noch vortrefflich sichtbar ist.

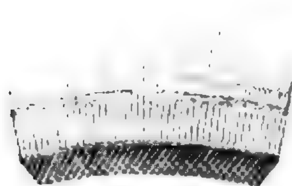
War diese Erklärung die rechte, so musste der Fleck, sobald er durch die Rotation der Sonne am andern Rande wieder erschien, auf der Seite, wo der Halbschatten noch sichtbar gewesen war, keinen Hof zeigen; dagegen musste der Hof an der Seite, wo er unsichtbar geworden war, breit erscheinen. Das Aussehen des Flecks bei seinem Widererscheinen entsprach diesen Vermuthungen. *Wilson* beschäftigte sich nun eifrig mit der Beobachtung der Sonnenflecken, fand, dass dieselben Erscheinungen bei den meisten Flecken sich wiederholten und veröffentlichte 1774 seine Beobachtungen und die daraus gezogene Folgerung, dass die Flecken Vertiefungen sind. Er giebt sich viele Mühe, durch diese Annahme alle Er-

scheinungen der Flecken zu erklären, aber vergeblich. Die Fackeln hält er für Unregelmässigkeiten, für Störungen der Oberfläche des leuchtenden Stoffes, womit der dunkle Sonnenkörper bedeckt ist, möglicher Weise hervorgebracht durch dieselben Ursachen, welche die Flecken erzeugen.

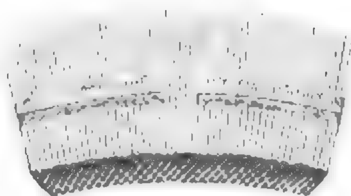
Bode und *Schröter* modificiren die *Wilson*'schen Ansichten und führen sie weiter aus. *Bode* nimmt nicht mehr an, dass die leuchtende Hülle in Berührung mit der dunkeln Sonnenkugel ist. Der dunkle Sonnenkörper, gleich der Erde mit Berg und Thal bedeckt, ist rings umgeben von einer Dunstatmosphäre; in einigem Abstande von der Sonnenoberfläche schwebt darin die Lichtatmosphäre. Bildet sich in dieser eine Oeffnung, so sehen wir den dunkeln Sonnenkörper als Kernflecken hindurch. Nahe den Rändern der Oeffnung wird die Dicke der Lichtatmosphäre etwas geringer sein, dadurch entsteht der Halbschatten. Gleich *Wilson* hält er die Fackeln für Unregelmässigkeiten der Oberfläche der Lichthülle; ähnlich, wie die Wellen des Meeres, wenn sie senkrecht von oben betrachtet werden, wenig auffällig sind, dagegen sehr bemerkbar, wenn man sie vom Ufer aus sieht, wo das Auge in schiefer Richtung über die bewegte Oberfläche hinstreift, sind die Fackeln mitten auf der Sonne nicht wahrnehmbar, dagegen auffällig an den Rändern. Die Vorstellungen von *Schröter* sind bemerkenswerth unklar. Er nimmt eine dunkle Sonnenkugel, eine sie einhüllende Dunstatmosphäre und eine sich mit dieser mischende Lichtatmosphäre an. Diese Lichtatmosphäre hält er für durchsichtig, sobald sie nicht mit heterogenen Theilen der Dunstatmosphäre vermischt ist. In der Dunstatmosphäre entstehen (wie in der Erd- und Jupiteratmosphäre) Nebelstriche und dunkle Verdichtungen; dadurch wird das Gleichgewicht der beiden Atmosphäre gestört. Es trennt sich die Atmosphäre und häuft sich berg- oder wallartig auf. So entstehen die Flecken und die sie umgebenden Fackeln.

W. Herschel hat zu zwei verschiedenen Malen seine Forschungen über die Constitution des Sonnenkörpers mitgetheilt. Die erste Abhandlung enthält im Wesentlichen nur die eben besprochenen Ansichten von *Wilson* und *Bode*. *Herschel* zieht es vor die Sonnenwolken, statt mit den gewöhnlichen Wolken der Erdatmosphäre mit den Lichterscheinungen der Aurora borealis zu vergleichen und meint, ein Raum 2000—3000 englische Meilen dick, angefüllt mit

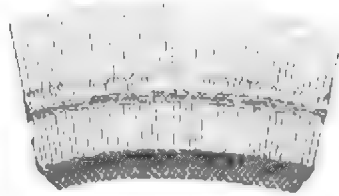
Nordlichtcorruscationen, müsse, aus der Ferne gesehen, dem Sonnenglanze nicht viel nachstehen. Ähnliche Ansichten wurden schon früher von *Horrebow* ausgesprochen. Bedeutende Verbesserungen in der Art die Sonne zu betrachten, Folge einer ausgedehnten Reihe von Experimenten über diesen Gegenstand, und die dadurch gewonnene genaue Kenntniss der Erscheinungen, modificirten die Ansichten *Herschel's* über die Constitution der Sonne. Im Jahre 1801 theilte er der Royal Society seine Gedanken darüber mit; sie werden im Wesentlichen bis auf den heutigen Tag von den Astronomen angenommen. Die Sonne ist ihm eine dunkle Kugel umgeben von einer durchsichtigen Atmosphäre. In dieser Atmosphäre schweben beständig zwei die Sonne rings umgebende Schichten, die obere aus leuchtenden, die untere aus dunkeln Wolken, welche durch zurückgeworfenes Licht leuchten, bestehend. Diese untern Wolken (*Herschel* nannte sie die planetarischen wegen ihrer Analogie mit den Wolken der Erde) schützen den dunkeln Sonnenkörper vor dem intensiven, von der obern Schicht ausgesendeten Lichte. Zerreissen die beiden Wolkendecken an correspondirenden Stellen, so wird der durch die Öffnung gesehene dunkle Sonnenkörper als ein schwarzer Fleck auf der leuchtenden Sonnenoberfläche erscheinen, sobald die Öffnung in der obern Wolkenschicht nicht grösser ist, als die in der untern. Ist die Öffnung in der obern Wolkenschicht



Fleck ohne Halbschatten;



mit Halbschatten;



ohne Kernfleck.

grösser, so wird der Fleck mit einem Halbschatten umgeben sein, da das reflectirte Licht der planetarischen Wolken bedeutend schwächer sein muss, als das der selbstleuchtenden Schicht. Entspricht der Öffnung in der obern Schicht keine Öffnung in der untern, so sehen wir einen Halbschatten ohne Kern. Die obere leuchtende Schicht dachte sich *W. Herschel* als bestehend aus vielen einzelnen, von einander getrennten Bündeln, senkrecht zur Sonnenoberfläche geordnet. In den Zwischenräumen der Bündel sehen wir hindurch auf die planetarischen Wolken; dadurch entsteht das marmorirte Aussehen der Sonne, die Narben. Man kann das marmorirte Aus-

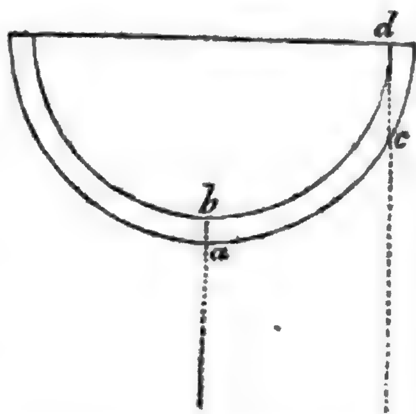
sehen der Sonne von der Mitte aus, wo es am deutlichsten ist, allenthalben bis auf geringe Entfernung vom Sonnenrande verfolgen; die obere leuchtende Schicht kann also nicht sehr dick sein.

Herschel war der Meinung, dass elastische Gase von geringerem specifischen Gewichte als die Sonnenatmosphäre, sich aus dem dunkeln Sonnenkörper entwickelten. Beim Aufsteigen zerreissen sie die Wolkenhüllen und geben Veranlassung zur Entstehung der Flecken. In den höheren Regionen angelangt zersetzen sie sich und die damit verbundenen Lichtprocesse sind die Fackeln. Die Annahme dieses Agens, von dessen Dasein wir keinen positiven Beweis haben, ist rein willkührlich. Wir werden später sehen, in welcher Weise *John Herschel* die Möglichkeit gezeigt hat, die Entstehung der Flecken auf erkannte physische Gründe zurückzuführen.

Von der Atmosphäre der Sonne.

Die Wolkenschichten der Sonne schweben nach *Herschel* in einer durchsichtigen Atmosphäre; das Dasein dieser Atmosphäre hält er für hinreichend bewiesen durch die (supponirte) Existenz der Sonnenwolken, eine Art des Beweises die nicht Jeder für genügend halten dürfte. Wir besitzen aber directe Anzeichen, welche darauf hindeuten, dass die Sonne eine Atmosphäre besitzt.

Es ist ein Erfahrungssatz, dass man eine glühende Kugel, aus grosser Entfernung gesehen, von einer leuchtenden Scheibe nicht unterscheiden kann. Alle Punkte derselben, seien sie in der Nähe des Randes oder des Centrums, erscheinen gleich hell. Anders verhält sich die Sache, sobald man sich die Kugel mit einer Hülle umgeben denkt, welche durchsichtig ist, aber in unvollkommner Weise. Offenbar werden dann die Strahlen, welche aus der Randgegend bei *d* kommen, mehr durch die umgebende Hülle geschwächt werden, als die in der Nähe des Centrums bei *b* austretenden, weil der Weg *dc*, den sie zurücklegen müssen, bedeutend grösser ist als *ba*. Die Frage nach der atmosphärischen Hülle der Sonne hängt also mit der Frage zusammen: findet eine Helligkeitsdifferenz in verschiedenen Punkten der scheinbaren Sonnenoberfläche statt, in der Weise, dass der Rand ringsum lichtmatter er-



scheint, als das Centrum? Man sollte meinen, die Entscheidung wäre hier leicht; ein flüchtiger Blick genüge; aber mit Erstaunen wird man vernehmen, dass die Ansichten der Astronomen bis vor wenigen Jahren getheilt waren. *Arago,* der berühmte Physiker, glaubte aus Erscheinungen, welche die Sonnenbilder in seinem polarisirenden Fernrohre darboten, schliessen zu dürfen, dass die Sonne an allen Punkten ihrer Scheibe gleich hell sei. Er befand sich aber in Widerspruch mit allen competenten astronomischen Autoritäten und hat auch, obgleich widerstrebend, seine Meinung aufgegeben.

Schon *Scheiner* überzeugte sich durch verschiedene Methoden, dass der Rand der Sonne in matterem Lichte als die Mitte erscheine. Die Lichtschwächung schien ihm bis auf $\frac{1}{8}$ Durchmesser vom Rande sich zu erstrecken. Er betrachtet z. B. die Sonne direct, indem er das Objectivglas seines Fernrohres mit einer undurchsichtigen Platte bedeckte, in welche mit einer dicken Nadel eine Öffnung gemacht war. Ähnlich verhielt sich die Helligkeit auf dem projicirten Sonnenbilde, einerlei, ob er es hervorbrachte durch ein Teleskop oder einfach durch das Einfallen der Sonnenstrahlen durch ein kleines Loch in ein dunkles Zimmer. *Scheiner* behandelt diese Erscheinung sehr ausführlich. Er widerlegt die Meinungen derjenigen, welche denken, diese Differenz der Helligkeit käme von dem ungleichen Abstande unseres Auges von der Mitte und den Rändern der Kugel her. Er meint, wir würden zu der Annahme genöthigt, nicht blos die Oberfläche der Sonne leuchte, sondern das Licht gelange aus einer gewissen Tiefe zu uns, findet aber, dass man, die Helligkeit proportional gesetzt den Dicken der von der Gesichtslinie durchlaufenen Schicht, die Erscheinung auf keine Weise darstellen kann. Er nimmt daher an, dass die Bestandtheile des Sonnenkörpers ringsum in den Theilen, welche grössern Abstand vom Centrum erlangen, allmälig unreiner werden. *Scheiner* führt ein Gleichniss an, in dem möglicherweise ein Theil seiner Ansichten über die Natur der Sonne versteckt liegt. Er meint, die brennende Erde werde am jüngsten Tage für einen Zuschauer aus grosser Ferne einen ähnlichen Anblick gewähren. Ringsum würden die sie verzehrenden Flammen umgeben sein von glühenden, unreinen Dampfmassen, wodurch nothwendig die Erscheinung einer in der Mitte leuchtenden, von einem dunklern Ringe umgebenen Scheibe entstehen würde.

Die gegen den Rand hin hervortretende gelbliche Färbung hat *Scheiner* gleichfalls bemerkt.

Bouguer ermittelte das Verhältniss der Helligkeit eines Punktes, welcher um $\frac{3}{4}$ des Halbmessers vom Centrum entfernt lag zur Helligkeit des Centrums; er fand es wie 35 : 48. *Arago* giebt in seiner populären Astronomie das Verhältniss der Helligkeit des Randes zur Mitte wie 40 : 41 an, ohne Zweifel irrig. In neuester Zeit hat *Chacornac* die Bestimmung der Lichtintensität der verschiedenen Punkte der Sonnenscheibe zum Gegenstande seiner Aufmerksamkeit gemacht. Er findet, dass der mittlere Theil eine nahezu gleichförmige Helligkeit hat bis zu einem Abstande vom Centrum, der etwa $\frac{3}{10}$ des Halbmessers beträgt. Nicht weit vom Rande ist die Helligkeit der Hälfte der Helligkeit der Mitte; der Halbschatten eines Flecks in der Nähe des Centrums hat mehr Helligkeit, als von Fackeln und Flecken freie Theile am Rande.

Secchi giebt an, dass die Fackeln, welche sehr viel heller als die sie umgebenden Theile der Sonnenscheibe sind, in der That nicht heller leuchten als die Mitte der Sonne, woraus sofort die beträchtliche Lichtmattheit des Sonnenrandes sich ergiebt.

Ausserordentlich deutlich tritt der lichtmattere Sonnenrand auf den Photographien der Sonne hervor, wie sie bei nur momentaner Aussetzung der empfindlichen Platten durch den in Kew aufgestellten, zur fortdauernden Registrirung des Aussehens der Sonnenscheibe bestimmten Photoheliographen erlangt werden. Es ist jedoch misslich aus den chemischen Einwirkungen photometrische Rückschlüsse zu machen. Von nicht unbedeutendem Gewichte sind aber die Untersuchungen über die Unterschiede der wärmestrahlenden Kraft verschiedener Punkte der Sonne. Nach den Messungen von *Secchi* zeigt ein Thermometer mehr Wärme an, wenn die Kugel desselben in der Mitte des durch ein Fernrohr entworfenen Sonnenbildes gehängt, als wenn sie näher dem Rande zu placirt wird. Unsere gewöhnlichen Thermometer versagen für so feine Untersuchungen den Dienst; die römischen Beobachtungen sind mit einem thermoelektrischen Apparate gemacht. Die zuverlässigsten Resultate derselben sind folgende:

Abstand der untersuchten Gegend vom Rande der Sonne.	Relative Intensität. Centrum = 1.
$\frac{7}{16}$ des Halbmessers	0,89
$\frac{1}{15}$ „ „	0,80
$\frac{1}{82}$ „ „	0,52.

Die Messungen deuten also auf nahezu dieselbe Schwächung der Wärmestrahlen durch eine die Sonne einhüllende Atmosphäre, wie die obenangeführten photometrischen Messungen von *Chacornac* sie für die Lichtstrahlen ergeben haben.

Die Lichtstrahlen, welche eine Atmosphäre durchlaufen, erleiden nothwendiger Weise eine Brechung. *Carrington* hat höchst interessante und wichtige Studien über die Frage angestellt, was die Beobachtung der Flecken über die Atmosphäre der Sonne in dieser Beziehung lehren könne. Die Discussion mehrerer geeigneter Beobachtungsreihen führt zu dem Resultate, dass die scheinbare Bewegung der Flecken der Annahme einer gleichförmig dichten Atmosphäre, deren Dichtigkeit acht- bis zehnmal grösser ist, als die unserer Luft und welche sich bis zu einer Höhe von $\frac{1}{4}$ Sonnenradius erstreckt, nicht widersprechen, aber mit Bestimmtheit darauf hindeuten, dass bei den gemachten Annahmen die Dichtigkeit nicht erheblich grösser sein kann.

Man hat in neuester Zeit die Leichtigkeit der Sichtbarkeit von Sonnenflecken und Fackeln am Sonnenrande als Argument benutzen wollen, um die Existenz einer Sonnenatmosphäre zu bestreiten. Es scheint mir aber nach dem Zeugnisse der competentesten Beobachter die Thatsache selbst unbegründet. Eine Undeutlichkeit kann erst in äusserst geringen Entfernungen vom Rande auftreten wenn man sich aus den Resultaten der photometrischen Messungen, hier Rückschlüsse erlauben darf. Im Jahre 1842, nach 16jährigen, fast täglichen Sonnenbeobachtungen, erklärte aber *Schwabe*, noch niemals einen Flecken im Rande selbst gesehen zu haben. Sie verschwanden ihm alle in Enfernungen von 7″—10″ vom Rande. Man wird einwerfen, die Flecken sind Öffnungen in den Sonnenwolken; sie müssen also verschwinden, ehe sie den Rand erreichen, weil unsere Gesichtslinie über sie weg geht. Mit ähnlicher Sicherheit jedoch hat man erkannt, dass die Fackeln Erhöhungen sind; aber auch sie hat *Schwabe* nie im Sonnenrande selbst be-

bemerkt und es giebt nur eine hinreichend verbürgte Beobachtung, bei der eine Fackel am Rande selbst gesehen wurde. Achtet man auf die Veränderung der Lichtintensität von dem Rande sehr nahen Fackelarmen, welche sich senkrecht zu ihm hinziehen, so wird man bei grosser Nähe am Umkreise bemerken, dass sie, je näher am Rande, desto lichtmatter werden.

Die merkwürdige Erscheinung auf der Sonne am 1sten Septbr. 1859, von der früher ausführlich die Rede gewesen, muss als Andeutungen für die Existenz einer Sonnenatmosphäre enthaltend, hier erwähnt werden.

Zeigt sich die Atmosphäre während einer totalen Sonnenfinsterniss?

Um die Mitte einer totalen Sonnenfinsterniss ragt der Mondrand, selbst in den Fällen einer möglichst langen Dauer, nur etwa eine Minute über den Sonnenrand hervor; meistens ist diese Grösse noch beträchtlich geringer. Wenn also eine ausgedehnte Sonnenatmosphäre existirt, wie nach obigem wahrscheinlich ist, so darf man erwarten, sie als lichten Schein rings um den Mond zu sehen in dem Augenblicke, wo er die directen Strahlen der blendenden Sonne verdeckt. In der That hat man bei allen totalen Sonnenfinsternissen, über die hinreichend bestimmte Angaben vorliegen, während der völligen Verfinsterung den Mond von einer lichten Strahlenkrone umgeben gesehen. Die Berichte über dieselbe sind sehr von einander abweichend, nicht nur, wenn man die Erscheinungen bei verschiedenen Finsternissen mit einander vergleicht, sondern ganz in gleichem Maasse, wenn man die Beschreibungen von Beobachtern derselben Finsterniss an verschiedenen Orten neben einander hält. Offenbar muss aber im gleichen Augenblicke eine Sonnenatmosphäre wesentlich denselben Anblick, auch von den verschiedensten Orten der Erde aus gesehen, darbieten. Hierbei ist übrigens immer Rücksicht zu nehmen auf den Grad der Dunkelheit des Himmels, die verschiedene Durchsichtigkeit der Luft und etwaige theilweise Bewölkung, Factoren, deren Einfluss schwer zu schätzen sein möchte.

Man hat diese Verschiedenheit der Berichte als Grund gegen die Erklärung der Strahlenkrone durch eine Atmosphäre der Sonne angeführt. Erfahrungen, welche man bei der Sonnenfinsterniss des vergangenen Jahres gemacht hat, zeigen aber, dass diese Mei-

nung keine Berechtigung hat; denn da an demselben Orte stationirte Beobachter gleichzeitig wesentlich verschiedene Eindrücke von der Strahlenkrone erhalten haben, so sind wir gezwungen, der Subjectivität des Beobachters beim Auffassen einer so eigenen Erscheinung und bei der Kürze der Zeit, die ihm zu Gebote steht, einen sehr grossen Spielraum zu gewähren.

Die Strahlenkrone ist im Allgemeinen nicht als ein leuchtender, den Mond umgebender Ring gesehen worden, wie man geneigt sein könnte, sich das Aussehen der Sonnenatmosphäre unter diesen Umständen zu denken, sondern mehr als eine Art Heiligenschein, mit vielen radialen Strahlen, ähnlich den Zeichnungen, wie man sie auf Schiffscompassen findet. Auch krummlinige Strahlen hat man darin bemerkt, Strahlen in Form einer Leier, einer Parabel, ja Knäuel gleichsam in einander gewickelter Strahlen. Zuweilen hat man auch deutliche Schichtung, ringförmig den Mond umgebend, darin erkannt.

Wenn das Licht an den Rändern eines Körpers vorbeigeht, so wird es gebeugt; rings um eine Kugel, mit welcher ein leuchtender Körper verdeckt wird, entsteht ein schmaler, heller Saum. Ist nicht die Strahlenkrone vielleicht blos die Wirkung einer solchen Beugung des Lichtes? Gewinnt die Hypothese von der Existenz einer Sonnenatmosphäre durch den um den Mond bei totalen Sonnenfinsternissen gesehenen Lichtkranz keine Stütze? Das sind einige der wichtigen Fragen, zu deren Beantwortung man bei der vorigjährigen Sonnenfinsterniss die Daten zu finden hoffte.

Zufolge der Erfahrungen des vergangenen Jahres scheint Manches, z. B. die wunderbaren Strahlen im Lichtscheine, auf Beugungs- und Interferenzerscheinungen zurückzuführen zu sein. Für die Existenz einer Sonnenatmosphäre aber sprechen Untersuchungen über die Eigenschaften des Lichtes der Corona, wodurch erkannt wurde, dass ein beträchtlicher Theil ihres Lichtes zurückgeworfen ist, höchst wahrscheinlich in einer Atmosphäre der Sonne.

Sehr merkwürdig sind Beobachtungen von *Oom*, wodurch die ringförmige und zugleich strahlenförmige Structur der Corona in der Nähe des Mondes zur Evidenz erhoben und gleichzeitig wahrscheinlich gemacht wird, dass diese Ringe von Anfang bis zu Ende der Totalität dem Monde concentrisch gewesen sind, was weder in der einen noch in der andern Hypothese erklärbar ist.

Wir werden später die wichtigen Resultate kennen lernen, welche aus der Anwendung der Photographie auf das Studium der Erscheinungen während einer totalen Finsterniss hervorgegangen sind. Von der Corona hatte man schon 1851 in Königsberg ein Bild auf photographischem Wege gewonnen; auch die 1860 in Desierto de las Palmas während der Totalität erhaltenen Bilder der Umgebung des Mondes zeigen Spuren derselben. Immerhin scheint bei der Schwäche der Corona, wodurch eine lange Expositionszeit einerseits und bei der Nothwendigkeit, durch die von der Bewegung des Mondes bewirkten Änderungen Aufschlüsse zu erhalten wodurch andererseits eine möglichst kurze Expositionszeit erfordert wird, der directen Beobachtung hier noch ein grosses Feld offen zu sein.

Von den Beziehungen des Zodiacallichtes zur Sonne und ihrer Atmosphäre.

In den Tropenländer zeigt sich allabendlich, sobald die Dunkelheit hereinbricht, ein matter Schimmer von gelblichem Lichte am Westhimmel. Die Gestalt desselben ist pyramidalisch, nach oben abgestumpft und die Mittellinie fällt immer nahezu mit der Ecliptik zusammen, so dass dieser Schein sich längst des Zodiacus (daher Zodiacallicht) erstreckt. Vor Sonnenaufgang zeigt sich eine ähnliche Erscheinung am Osthimmel.

In unsern nördlichen Breiten kann man diesen schwachen Schimmer nur dann sehen, wenn die Ecliptik nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang möglichst steil sich aus den Dünsten des Horizontes erhebt und die Dämmerung kurz ist, also im März am Abende und im September am Morgen. Jedoch ist er selten hier zu Lande sehr auffallend. Das Zodiacallicht ist seit etwa 200 Jahren bekannt; man hielt es lange Zeit für die Atmosphäre der Sonne, welche durch den Umschwung derselben in der Ebene ihres Äquators linsenförmig ausgedehnt sich bis zur Erdbahn, ja über dieselbe hinaus erstreckte. Man erklärte dann die Corona der totalen Sonnenfinsternisse für den innern dichten Theil dieser Atmosphäre und suchte den Beweis dafür in einer gewissen länglichen Form der Strahlenkrone, welche man dann und wann beschrieben findet. Aber diese in der Richtung der Ecliptik verlängerte Form hat sich nicht bestätigt und die ganze Structur der Strahlenkrone erinnert

durchaus nicht an das fast gleichförmige Licht des Zodiacalscheines. Ferner hat *Laplace* gezeigt, dass eine derartige Ausdehnung der rotirenden Sonnenatmosphäre unstatthaft ist. Die Centrifugalkraft würde schon weit geringeren Abständen die Schwerkraft überwiegen und die Theilchen in den Weltenraum zerstreuen.

Das Zodiacallicht ist also nicht identisch mit der Atmosphäre der Sonne; man muss es sich vorstellen als einen um die Sonne rotirenden Ring, der höchst wahrscheinlich aus ungeheuern Mengen sehr kleiner planetarischer Körper besteht. Hierfür könnte man anführen, dass im Lichte des Zodiacalscheines keine Spur von Polarisation bemerkt ist. Dergleichen Versuche sind jedoch höchst delicater Natur und verdienten unter den Tropen, wo der Glanz der Erscheinung so unvergleichbar grösser sein soll, wiederholt zu werden. Welches die innere Gränze dieses Ringes zur Sonne sei, lässt sich nicht ausmachen; die Beobachtungen desselben ergeben durchaus keine directen Andeutungen darüber. Nach neuern geistreichen Speculationen von *Waterston* und *Thomson* über die Art, wie auf der Sonne sich Wärme und Licht entwickelt, müsste man annehmen, dass er bis zur Sonne selbst sich erstrecke. Aber diesen Betrachtungen stehen bis jetzt einige so gewichtige Einwürfe entgegen, dass man den daraus gezogenen Folgerungen nur geringes Gewicht beilegen kann.

Der Theil des Zodiacallichtes, welcher unsern nächtlichen Beobachtungen zugänglich ist, wird bei totalen Sonnenfinsternissen nie sichtbar. Wir sehen die ersten Spuren davon, wenn die Sterne 5. oder 6. Grösse sichtbar werden; bei totalen Sonnenfinsternissen der letzten Zeit sind Sterne unter 3. Grösse aber nicht mit Sicherheit wahrgenommen.

Von den Protuberanzen.

Über den lichten Strahlenkranz um den Mond hat man schon ziemlich alte Berichte. Mit Umgehung einiger weniger bestimmten Notizen, welche fast zwei Jahrtausende zurückreichen und allenfalls auch einer andern Erklärung fähig wären, finden wir zu Ende des 16ten und Anfange des 17ten Jahrhunderts ganz unzweideutige Beschreibungen der Corona. Auf noch merkwürdigere Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen ist man in den letzten Decennien aufmerksam geworden.

Als im Jahre 1842 eine totale Sonnenfinsterniss einfiel, welche in Russland, Deutschland, Frankreich und Italien total war, befanden sich einige Sternwarten im Bereiche der Totalitätszone. Ausserdem aber hatten bei dem lebhaften Eifer, mit welchem die Astronomie seit Anfang dieses Jahrhunderts cultivirt wird, sich mehrere Astronomen in Gegenden begeben, wo die Finsterniss total sein musste, zum Theil wohl in der Absicht, eine sonderbare Erscheinung, die *Baily*'s beads *), zu ergründen. Es ist unnöthig hier weiter auszuführen, worin jene zu erforschende Erscheinung bestand, da sie in keinem Zusammenhange mit den Fragen über die Natur der Sonne steht. Man machte aber bei jener Finsterniss unvermuthet andere höchst merkwürdige Wahrnehmungen. Als der Mond die Sonne verdeckte, zeigten sich an mehreren Stellen des Mondrandes röthliche Hervorragungen, Flammen ähnlich. Aber in diesen scheinbaren Flammen war keine Bewegung; man verglich sie der Form und Farbe nach mit im Alpglühen leuchtenden eisbedeckten Berggipfeln. Sie waren so hell, dass sie selbst durch die dunkeln Blendgläser gesehen wurden, welche manche Astronomen nicht von ihren Fernröhren abgeschraubt hatten; ihre Erhebung über den Mondrand betrug mehrere Minuten. Man sah sie an einzelnen Orten auch mit blossen Augen. Diese Wahrnehmungen erregten ungemeines Aufsehen. Waren die Hervorragungen nie früher gesehen bei totalen Sonnenfinsternissen, deren doch seit Erfindung des Fernrohrs schon manche in europäischen Gegenden stattgefunden hatten? Gehörten sie dem Monde oder der Sonne an? Entstanden sie durch Dunstbildung in unserer Atmosphäre, durch Refraction oder Reflexion in den ungleich erwärmten Schichten unserer Luft? Verdankten sie ihren Ursprung der Diffraction des am Mondrande vorbeistreifenden Lichtes oder einer Doppelreflexion desselben an eigen gestellten Bergzügen unseres Trabanten? Das waren die interessanten Fragen, welche durch die bei der Sonnenfinsterniss 1842 wahrgenommenen rothen Hervorragungen, die Protuberanzen, angeregt wurden.

Die Durchsuchung der Berichte über alte Finsternisse ergab die Gewissheit, dass man 1842 kein Ausnahmephänomen gesehen hatte; dass bei fast allen totalen Finsternissen ein oder der andere

*) *Baily*'s Perlen; so genannt nach *Baily*, einem verdienten engl. Astronomen, welcher darauf aufmerksam gemacht hatte.

Beobachter unerklärte Erscheinungen wahrgenommen hatte, welche offenbar in Beziehung zu dem 1842 gesehenen Phänomene standen. Man fand sogar eine ganz in Vergessenheit gerathene Beschreibung einer totalen Sonnenfinsterniss durch *Vassenius*, Professor der Mathematik in Göthaborg, welcher am 2ten Mai 1733 während der völligen Verfinsterung ohne allen Zweifel analoge Dinge erblickt hatte. Ueber die Finsterniss vom Jahre 1842 besitzen wir eine vortreffliche Arbeit von *Arago*, worin mit vieler Sorgfalt die Berichte der verschiedenen Beobachter gesammelt sind. Er gelangt zu der Ansicht, dass die Protuberanzen zur Sonne gehören, dass die Finsterniss vom Jahre 1842 uns eine dritte über der Photosphäre (den selbstleuchtenden Wolken) gelegene Hülle der Sonne ahnen lässt; die rothen Hervorragungen würden dieser Hülle angehören. Aber wie waren mit dieser Annahme die bedeutenden Unterschiede in den Erzählungen der einzelnen Beobachter zu vereinigen? Wie konnte die geringe Entfernung der Beobachtungsorte auf der Erde, die geringe Zeitdifferenz solche Verschiedenheit bedingen, wenn der Sitz der Erscheinung auf der fernen Sonne war? Untersuchen wir, wie es hierbei mit der stillschweigend gemachten Annahme sich verhält, dass die Verschiedenheit der Beschreibung Verschiedenheit des beschriebenen Objectes bedingt.

Wenn geübte Beobachter in Ruhe einen wohlbekannten Gegenstand betrachten, z. B. Mercur in Sichelgestalt, so werden ihre Beschreibungen im Wesentlichen übereinstimmen. Nicht so verhält sich die Sache, wenn eine neue Erscheinung von geübten Beobachtern durch gleich starke Hülfsmittel betrachtet wird. Wie bedeutend weichen z. B. die Zeichnungen des grossen Cometen von 1858 nach den Beobachtungen an den Fernröhren von 15 Zoll Öffnung zu Cambridge (V. S.) und Pulkowa durch *G. P. Bond* und *Otto Struve* von einander ab! Man vergleiche ferner die Darstellung eines neuen Objectes nach Wahrnehmungen mittelst ungleich starker Hülfsmittel, z. B. die Zeichnungen desselben Cometen in Altona mit den Pulkowaern. Wie verschieden in wesentlichen Punkten! Bis jetzt aber sind die mächtigsten Factoren noch unberücksichtigt gelassen, die eine Verschiedenheit in der Beschreibung desselben Gegenstandes bei totalen Sonnenfinsternissen hervorzurufen im Stande sind. Die neuen, unbekannten Erschei-

nungen wird Niemand in Ruhe betrachten. Man muss es selbst gefühlt haben, wie gewaltig der Eindruck einer totalen Sonnenfinsterniss auf das Gemüth ist; wie da die kalte Ruhe, welche sich der Astronom gegenüber den herrlichen Erscheinungen des Himmels mühsam erwirbt, schwindet; wie eine Bangigkeit sich der Seele bemeistert, es möge irgend ein Zufall das Ziel langwieriger Reisen und Beschwerden zu nichte machen. Und nun sind dem aufgeregten Gemüthe zwei oder drei Minuten zugemessen, darin soll es nicht Einzelnes, nein eine ganze Reihe von Erscheinungen auffassen; Momente der Totalität notiren, Notizen sammeln über die Dunkelheit, über die Zahl der sichtbaren Sterne, die Corona, die Protuberanzen. Wie viel Zutrauen verdient danach wohl im Einzelnen der Bericht eines jeden „geübten" Astronomen, wenn er Alles beobachtet hat? Ich sage eines geübten Astronomen. Nun sind aber reichlich $\frac{3}{4}$ aller Berichte von Leuten, die gewiss keinen Anspruch auf diesen Namen haben; manche davon haben wahrscheinlich bei dieser Gelegenheit zum ersten Male in ihrem Leben ein Fernrohr gen Himmel gerichtet. Sehen zu können durch ein Fernrohr ist eine Kunst; es gehört Übung und Anlage dazu; es könnten sehr berühmte Astronomen namhaft gemacht werden, die diese Kunst nicht besessen. — Ich bin hier so weitläufig gewesen, weil man unbegreiflicher Weise die Berichte wie Kraut und Rüben unter einander wirft. Man wird niemals zur Erklärung der Erscheinung gelangen, wenn man sich hartnäckig sträubt, die Erscheinung selbst erkennen zu wollen und das thut man, wenn, wie bislang, die gesunde Kritik hier nicht angewandt wird.

Die Ansicht, wonach die Protuberanzen zur Sonne gehören, wurde fast gleichzeitig von mehreren Astronomen geäussert; sie schloss sich ungezwungen den herrschenden Ansichten über die Natur der Sonne an. Die optische Theorie, wonach die Protuberanzen nur Lichterscheinungen sein sollten, fand gleichfalls manche Anhänger. Wie diese Lichterscheinungen aber entstehen, für die irdische Experimente kein Analogon bieten, darüber findet man nur unhaltbares, oberflächliches Räsonnement und nirgends eine Andeutung, wie man nach dem Zeugnisse aller vertrauenswürdigen Beobachter feststehende Erscheinungen an den Protuberanzen, z. B. ihre fast immer harten, starren Begränzungen, das Losgelöstsein vom Mondrande bei einigen, ihre Pik- oder Kegelform, sich vor-

stellen soll. Sehr geringen Anhang fand die Meinung, wonach die Erscheinung auf Niederschläge, Wölkchen in unserer Atmosphäre, ihrem Wesen nach zurückzuführen wäre. Die andern Hypothesen, deren oben gedacht ist, sind so vager Natur, dass man es ihren Urhebern überlassen muss, deutlicher auszusprechen, wie sie damit mehr als unbestimmte Lichtscheine in der Gegend des Mondes erklären wollen.

Aus der Menge der vorgebrachten Hypothesen über die Protuberanzen folgt, dass man im Jahre 1842 weit entfernt war, die Erscheinung vollständig erkannt zu haben. Von einer unvollkommen erkannten Erscheinung wird man immer mehrere gleich wahrscheinliche Erklärungen geben können. Die Vergleichung dieser Erklärungen unter einander zeigt die Punkte, wo die nach ihnen construirten Erscheinungen in wesentlichen Dingen von einander abweichen. Bietet sich dann eine Wiederholung des Phänomens dar, so wird man aufmerksam auf diese Punkte sein, um die falschen Erklärungen ausscheiden zu können.

Um zwischen der ersten Annahme, wonach die Protuberanzen zur Sonne gehören, und der andern, wonach es Wölkchen in unserer Atmosphäre sind, zu entscheiden, wird es genügen, Beobachtungen in sehr entfernten Stationen mit einander zu vergleichen wo die atmosphärischen Verhältnisse, dem Klima, der Tageszeit, der Erhebung über dem Meere nach, sehr verschieden waren. Zeigt es sich, dass für solche Orte die Erscheinung im Wesentlichen identisch ist, so wird man unsere Atmosphäre für das Substrat der Protuberanzen ferner nicht halten. Gehören die Protuberanzen zur Sonne, so müssen sie, ähnlich wie die Flecken der Sonne, vom Monde verdeckt und wieder aufgedeckt werden. Sie müssen also ihre Höhen und Stellungen am Mondrande verändern. Die optische Theorie kann allenfalls Veränderungen der Höhen erklären; wenn aber nachgewiesen werden kann, dass die Veränderungen der Höhen genau durch die Bewegung des Mondes erklärt werden so ist der hieraus zu ziehende Beweis für die Meinung, dass sie zur Sonne gehören, vollständig. Veränderungen der Stellungen am Mondrande kann die optische Theorie nicht erklären.

Die totale Finsterniss von 1850 wurde von *Kuctzycki* in Honolulu betrachtet. Vier Protuberanzen in röthlichem Lichte wur-

den gesehen, aber keine Wahrnehmung erhalten, welche eine Entscheidung herbeigeführt hätte. Die totale Finsterniss vom Sommer 1851 ist von sehr vielen Astronomen in Russland, Deutschland und Schweden beobachtet. Da man auf die Erscheinung der Protuberanzen vorbereitet war, so glaubte man Übereinstimmung erwarten zu können in der Zahl, Grösse und Position der gesehenen rothen Hervorragungen, falls sie der Sonne angehörten. Das war nur in beschränktem Maassstabe der Fall. Dagegen war die Übereinstimmung hinreichend, um die Hypothese, dass Wolken in unserer Atmosphäre der Entstehungsgrund seien, fallen zu lassen. Am Kaukasus in 11,000 Fuss Höhe hat *Chodzko* die Protuberanzen in derselben Lage gesehen, in der sie am Gestade der Ostsee von vielen Beobachtern wahrgenommen sind. Einzelne Beobachter suchten die Quantität der Verdeckung der Protuberanzen durch den Mond zu bestimmen; denn dass ihre Höhe kleiner wurde oder sich vergrösserte, je nachdem sie so lagen, dass der Mond durch seine Zwischenstellung sie dem Auge verdecken oder mehr hervortreten lassen musste, war schon 1842 erkannt. *O. Struve* fand in Lomsa dass die Höhe einer Protuberanz in einer gegebenen Frist sich um soviel geändert hatte, als durch die Bewegung des Mondes in diesem Zeitraume erfordert wurde; weniger genau stimmten Beobachtungen von *d'Abbadie*. Eine Entscheidung zwischen der optischen und solaren Erklärungsweise durch Messung der Veränderung der Stellung von passend gelegenen Protuberanzen, scheint 1851 nicht angestrebt zu sein. Im Jahre 1855 und 1858 wurden Protuberanzen während totaler Finsternisse in Amerika beobachtet; die Ergebnisse für die Entscheidung über die Natur derselben sind gering, zum Theil, weil das Wetter nicht hinreichend günstig war, dann aber, weil man bei beschränkter Zahl geübter Beobachter doch gewünscht hatte, eine vollständige Übersicht der Erscheinung zu erhalten.

Ich werde nun kurz angeben, welches die Resultate der im Jahre 1860 beobachteten Sonnenfinsterniss zu sein scheinen; dabei muss ich jedoch bemerken, dass bei weitem nicht alle Berichte bislang vorliegen.

Die Gewissheit, dass man durch die Photographie im Stande ist, die Protuberanzen in sehr kurzer Frist zu fixiren, hat man leider erst durch die bei der Finsterniss 1860 gemachten Erfah-

rungen erhalten. Die photographischen Platten fixiren im gegebenen Momente, unbeirrt durch die Erhabenheit des Schauspiels, ein getreues Bild der Erscheinung, an welchem nach Belieben später die erforderlichen Messungen vorgenommen werden können. Die Resultate aus den photographischen Darstellungen sind daher der leitende Faden im Labyrinthe der verschiedenartigsten Erzählungen. In Spanien hat man an drei verschiedenen Orten photographisch die Erscheinung zu fixiren gesucht; erst von zweien dieser Stationen sind die vorläufigen Resultate bekannt geworden. In Riva Bellosa, ganz in der Nähe von Pobes, dem Beobachtungsorte der Pulkowaer Expedition, hat *De la Rue* mittelst des Heliographen aus Kew zwei Bilder während der Totalität erhalten; das eine der ersten Minute der Totalität entsprechend, das andere der letzten. Legt man die beiden Bilder so über einander, dass die dem Sonnencentrum entsprechenden, später durch Rechnung ermittelten Punkte über einander fallen und dreht die Platten, bis gleiche Richtungen einander entsprechen, so findet sich, dass die Contouren der Protuberanzen ebenfalls auf einander fallen. Die Protuberanzen haben also während der Finsterniss ihre Höhe und Lage in Bezug auf die Sonne nicht geändert. In Desierto de las Palmas wurden an dem von *Secchi,* Director der Sternwarte des Collegio Romano, dazu mitgebrachten *Cauchoix*'schen Äquatoriale von *Monserrat,* Professor der Chemie in Valencia, vier Photographien erhalten. Der Maassstab ist leider ein wenig klein, da man das im Focus des Objectivs erzeugte Bild sich hat aufzeichnen lassen. Man kann also die Höhen nicht sicher bestimmen; aber die Lage der Protuberanzen ergiebt sich mit grosser Sicherheit und es findet sich, dass die Bilder von Riva Bellosa und Desierto de las Palmas genau dieselben Lagen für die Protuberanzen in Bezug auf die Sonne geben. Die Protuberanzen gehören also zur Sonne.

Die Vergleichung der directen Beobachtungen unter einander zeigt wieder dieselben Widersprüche, wie bei andern Finsternissen. In einem wichtigen Punkte lassen sie jedoch keinen Zweifel mehr übrig. Die Protuberanzen verändern ihre Lage am Mondrande; nimmt man an, dass sie zur Sonne gehören und reducirt die für verschiedene Zeiten erhaltenen Bestimmungen ihrer Lage am Mondrande auf ihre Lage zur Sonne, so zeigt sich, dass ihre Lage zu letzterer constant geblieben ist. Dieses Ergebniss lässt sich ab-

leiten aus den Beobachtungen von *Airy* zu Pobes, verbunden mit den von mir noch mehr als fünf Minuten nach Ende der Totalität über eine Protuberanz erhaltenen Daten. Die Beobachtungen derselben Protuberanz durch *Bruhns* in dem entfernten Tarascona ergaben genau dasselbe. Ein Gleiches folgt aus den Beobachtungen der französischen Expedition über diese Protuberanz. Hier ist also vollkommene Harmonie der directen Wahrnehmungen sowohl unter sich als mit den durch die Photographie erhaltenen Resultaten. Nicht so ist es in Bezug auf die Höhen der Protuberanzen. Die Beobachtungen in Pobes sind in vollkommener Harmonie mit den Ergebnissen der Photographien in Bezug auf Höhe; viele andere Beobachter aber geben den Protuberanzen ganz beträchtlich grössere Dimensionen, wonach der Mond die einen allerdings nicht hätte aufdecken, die andern verdecken können, da seine ganze Verschiebung während der Totalität im günstigsten Falle kaum $1\frac{1}{2}'$ betrug. Es handelt sich hier um Schätzungen, zu denen eine ziemlich grosse Übung gehört und das Ergebniss der Photographien ist unantastbar: die meisten Beobachter haben die Höhen also falsch geschätzt; wirkliche Messungen sind mir nicht bekannt geworden. Alle Argumente, welche die Anhänger der optischen Theorie daraus hernehmen, dass die geschätzten Höhenänderungen nicht stimmen mit den berechneten, falls die Protuberanzen zur Sonne gehören, zerfallen in Nichts gegenüber der Thatsache, dass die Selbstaufzeichnung des Phänomens das Gegentheil beweist. Ausserdem folgt auch, wie gesagt, aus den Beobachtungen einiger Astronomen ein mit der Selbstaufzeichnung der Protuberanzen übereinstimmendes Ergebniss.

Wenn ich hiernach für entschieden halte, dass die Protuberanzen zur Sonne gehören, eine Meinung, wofür ich, wenn Autoritäten in Dingen der Wissenschaften entschieden, viele berühmte Namen aufführen könnte, so muss ich ausdrücklich hervorheben, dass unter Protuberanz keineswegs jede Lichterscheinung, die man in der Gegend der verfinsterten Sonne wahrgenommen hat und nicht zur Corona rechnen will, verstanden werden kann. Insbesondere können die Lichtscheine, welche man auf dem Monde gesehen hat, die schlangenförmigen Blitze, welche *Louville* 1715 ähnlich einem Lauffeuer beschreibt, die farbigen, concentrischen Ringe, welche *Gillis* 1860 in Amerika gesehen hat, durchaus nicht

mit den Protuberanzen verwechselt werden. Es sind davon verschiedene Phänomene, die zu erklären noch vorliegt, die man überhaupt erst über die Wahrscheinlichkeit der Subjectivität der Erscheinung erheben muss, bevor man weiter über sie speculiren kann, und die in keiner Weise die äusserst wichtige Thatsache zweifelhaft machen können, dass zur Sonne gehörige Theile während nahe totaler Finsternisse uns sichtbar werden, die bei andern Gelegenheiten zu erblicken trotz mancher Versuche bislang nicht gelungen ist. Die Hoffnung, dieses zu erreichen, darf man jedoch nicht aufgeben. Durch das Zeugniss zweier Astronomen ist es dargethan, dass Protuberanzen sichtbar sein können, wenn nur $\frac{11}{12}$ der Sonne vom Monde verdeckt sind. Schon im Jahre 1858 hat *Fearnley* in Christiania bei einer nur ringförmigen Finsterniss Protuberanzen wahrgenommen.

Das Licht der Protuberanzen ist nicht polarisirt, wie die interessanten Beobachtungen von *Prazmowski* gelehrt haben; also darin liegt kein Widerspruch mit der Annahme, es seien Sonnenwolken.

Eine niedrige, rothe Schicht hat sich, wie früher, auch 1860 wieder in grosser Ausdehnung gezeigt und es ist wahrscheinlich, dass man bei günstigen Gelegenheiten die Sonne ringsum von einer wenige Secunden hohen, zackigen rosa Schicht umgeben sehen kann. Die Protuberanzen sind dem Aussehen nach identisch mit dieser Schicht; man könnte sie für ein Analogon der Fackeln bei dieser Umhüllung halten.

Von dem Zusammenhange zwischen den Protuberanzen und den Flecken oder Fackeln der Sonne.

Wenn die Protuberanzen zur Sonne gehören, wie wir jetzt annehmen müssen, so liegt die Frage nahe, ob ein Zusammenhang zwischen ihnen und den Flecken oder Fackeln der Sonne nachweisbar ist. Manche Beobachter waren anfangs der Meinung, dass die rothen Hervorragungen unmittelbar über den Flecken sich befänden, dass sie, wie einige sich ausdrückten, die sichtbaren Zeichen von Gasaushauchungen wären, welche *W. Herschel* angenommen hatte, um das Zerreissen der Wolkenhüllen und damit die Entstehung der Flecken zu erklären. Andere glaubten, dass die Protuberanzen identisch sein möchten mit den Halbschatten

der Sonnenflecken. Beide Ansichten waren schon nach den Ergebnissen der Beobachtungen im Jahre 1842 wenig wahrscheinlich. Im Jahre 1851 haben aber Beobachtungen, zu dem Zwecke angestellt diese Hypothese näher zu prüfen, sie definitiv beseitigt.

Mehr Anhänger fand die Meinung, dass die Protuberanzen, wenn nicht identisch, so doch in näherem Zusammenhange mit den Fackeln ständen. *Schweizer* in Moskau hat auf diesen Punkt seine besondere Aufmerksamkeit gerichtet und um die Zeit der Sonnenfinsternisse im Jahre 1851 und 1860 vielfache Zeichnungen und Bestimmungen der Ortslage von Fackeln angestellt. Es ergiebt sich danach, dass allerdings die Randgegenden, wo Fackeln standen, Protuberanzen gezeigt haben. Aber nicht allgemein hat man Fackeln an den Stellen wahrgenommen, wo Protuberanzen beobachtet sind. Dass Fackeln und Protuberanzen verschieden sind, leidet keinen Zweifel; aber auch ein Zusammenhang, wie zwischen Flecken und Fackeln, wonach (unter gewissen Bedingungen) ausnahmelos in der Nähe von Flecken Fackeln erblickt werden, scheint zwischen Fackeln und Protuberanzen nicht stattfinden. Äusserst helle Protuberanzen hat man bei der letzten Finsterniss in einem beträchlichen Abstande vom Sonnenäquator beobachtet, in welchem selbst die kleinen Fackeln, die Knötchen, sich äusserst selten finden. Eine neuerdings von *Leverrier* über die Beziehungen der Protuberanzen zu den Flecken geäusserte Meinung ist durchaus unhaltbar.

Von der Lichtstärke und Farbe der Sonnenflecken. Dawes'sche Centra.

Bei dem Anblicke der Sonnenflecken durch ein schwach vergrösserndes Fernrohr scheint es, als ob der innere Theil derselben, der Kern, absolut schwarz ist. Es ist dies aber eine Täuschung; könnten wir plötzlich das gesammte Sonnenlicht bis auf den innern Theil eines Fleckens auslöschen, so würden wir über seinen hellen Glanz erstaunen und schwerlich im Stande sein, das blendende Licht desselben zu ertragen. In diesem Falle hätten wir einfach mit dem Lichte des Fleckens selbst zu thun. Das findet nicht Statt, wenn man einen öfter vorgeschlagenen Versuch ausführt, der in Folgendem besteht. Man betrachte einen grossen Sonnenfleck mit einem Fernrohre, dessen Gesichtsfeld kleiner ist, als der Fleck; man wird dann die Helligkeit desselben beurtheilen können Dieje-

nigen, welche diesen Versuch vorgeschlagen haben, vergassen, dass unssre Atmosphäre durch die Sonne in unmittelbarer Nähe so stark erleuchtet wird, dass man ohne Blendglas nicht ungestraft durch ein nahe zur Sonne gerichtetes Fernrohr blicken darf. Die Erleuchtung der Atmosphäre findet aber in den zwischen uns und der Sonne gelegenen Theilen ebenfalls Statt und durch das Ansehen eines Flecks auf die eben erwähnte Weise würden wir geblendet werden, selbst wenn der Fleck gar kein Licht hätte.

Eine befriedigende photometrische Untersuchung des Verhältnisses der Helligkeit der verschiedenen Erscheinungen auf der Sonne ist nicht vorhanden; sie ist sehr bedeutenden Schwierigkeiten unterworfen. *W. Herschel* hat einen Versuch gemacht, aus Sammt und verschieden stark erleuchtetem Papiere ein Bild eines Sonnenflecks nachzuahmen. Daraus würde sich ergeben:

Setzt man die Intensität des Sonnenlichtes = 1000
so ist die Intensität des Halbschattens = 469
und die des Kernfleckens = 7.

Ich habe diese manchen Einwendungen ausgesetzten Zahlen hier angeführt, weil sie eine unerwartete theilweise Bestätigung durch die früher erwähnten *Chacornac*'schen Messungen über die Lichthelligkeit an verschiedenen Punkten der Sonnenfläche erfahren haben. Die Helligkeit der Kerne halte ich für zu niedrig angegeben; aber selbst aus diesem Verhältnisse folgt die zu Anfange dieses Abschnitts aufgestellte Behauptung.

Man kann sich überzeugen, dass die Sonnenflecken nicht schwarz sind, wenn man Gelegenheit hat, wenig leuchtende planetarische Körper vor der Sonne zu sehen, wo man also beide durch denselben lichten Vorhang, die erleuchtete Erdatmosphäre, sieht. Jedermann weiss, dass man vom Monde, wenn er Abends als Sichel wieder erscheint, auch den nicht von der Sonne erleuchteten Theil sehr hell in einem aschfarbenen Lichte wahrnimmt. Dieses aschfarbene Licht rührt daher, dass die Erde den Mond erleuchtet; es ist um so stärker, je grösser der erleuchtende Theil der Erde ist, also im Neumond am stärksten. Der so erleuchtete Mond erscheint aber bei einer Sonnenfinsterniss vor der Sonne ganz schwarz und die dunklen Flecken der Sonne im ziemlich lichten Braungrau, verglichen mit ihm. Ein Gleiches hat man bemerkt, wenn die untern Planeten Mercur und Venus vor der Scheibe der Sonne erscheinen. In

stärker vergrössernden Fernröhren bedarf es kaum dieser Contrastirung; die Kernflecken erscheinen darin meistens von brauner Farbe. Man erkennt vielfache Nüancirungen der Farbe, flockige, cirrusartige Streifen, welche in gewissem Sinne an die eigenthümlich strahlenförmige Structur der Höfe erinnern. Sehr gute Fernröhre zeigen unter Anwendung geeigneter Beobachtungsweisen im Innern der Kernflecken beträchtlich viel dunklere Stellen, die scharf begränzt sind und deren Verhalten zum übrigen Theile des Kernes analog ist dem Verhalten der Kernflecken zu den Höfen in kleinern Fernröhren. *) Diese dunklen Stellen in den Kernflecken sind noch nicht lange entdeckt; man verdankt ihre Auffindung *Dawes*, einem ausgezeichneten Forscher. Ähnlich wie mehrere Kerne nicht selten von einem Hofe umschlossen sind, so zeigen sich in den Kernflecken öfter mehrere dunkele Stellen. *Dawes* und andere Beobachter in England haben Wahrnehmungen veröffentlicht, wonach zuweilen eine langsame Drehung des ganzen Flecks um den dunkeln Punkt vermuthet werden könnte. Die Entscheidung über eine so wichtige aber schwer zu constatirende Erscheinung darf man bei der Aufmerksamkeit, mit welcher die Sonne jetzt beachtet wird, in nächster Zukunft erwarten.

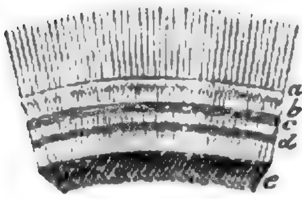
Ein Urtheil über die Farbe der Sonnenflecken erhält man am sichersten, wenn man die sich zuweilen darbietende Gelegenheit abwartet, die Sonne durch dichten Nebel zu beobachten. Alle andern Weisen sind trügerisch, besonders die der Projection, bei welcher die schönen schwefelgelben und herrlich violetten Farben fast ohne Ausnahme auf die chromatische Abweichung des Oculars zurückgeführt werden müssen. Nach den sorgfältigen Beobachtungen von *Schwabe* ist es keinem Zweifel unterworfen, dass zuweilen Sonnenflecke sichtbar werden, welche sich durch eine stark rothbraune Farbe von den gewöhnlichen braun oder braungrau gefärbten unterscheiden. Sie sind verwaschener als andere Sonnenflecken, haben keine scharf begränzten Höfe und Kerne, erreichen selten einen Durchmesser von 30″ und sind viel beständiger als die gewöhnlichen behoften Kernflecken. Die rothbraune Farbe ist derjenigen ähnlich, welche man oft an den Mittelstreifen des Jupiter wahrnehmen kann. In *Schmidt*'s Buche über die Sonnenflecken

*) Die Skizze des Sonnenflecks Seite 114 zeigt bei *b* einen solchen innern Kern.

finde ich am 22sten April 1846 einen Fleck erwähnt, dessen Farbe, durch Wolken gesehen, tiefblau erschien. Röthliche Flecken scheint *Schmidt* ebenfalls einige wenige gesehen zu haben.

Recapitulation der über den Bau der Sonne erhaltenen Daten.

Die oben besprochene *Dawes*'sche Entdeckung der dunkeln Centra deutet auf eine neue Umhüllung der Sonne hin. Ein Durchschnitt der Sonne würde also, wenn wir Alles Bisherige zusammenfassen, durch nebenstehende Figur versinnlicht werden:



a. Hülle der rothen Wolken, sehr durchsichtig; wie die übrigen Schichten in der Sonnenatmosphäre schwebend; die Protuberanzen ragen über das allgemeine Niveau derselben beträchtlich hervor.

b. Hülle der leuchtenden Wolken, säulenartig in Bündeln mit Zwischenräumen, senkrecht zur Oberfläche der Sonne geordnet. Durch die Zwischenräume erblickt man die Schicht *c*, es sind die Poren. Entsteht eine grössere Öffnung darin, so erblickt man einen Halbschatten ohne Kern.

c. Schicht der grauen Wolken. Eine Öffnung darin erlaubt die Hülle der braunen Wolken *d* zu erblicken, wenn gleichzeitig die Hülle *b* zerrissen ist. Entstehung des behoften Kernflecken.

d. Schicht der braunen Wolken. Entstehen auch darin Öffnungen correspondirend den obern, so erblickt man die dunkle Sonnenkugel *e*.

Im Allgemeinen nimmt die Grösse der Öffnungen von oben nach unten ab; nicht immer gehen die Öffnungen durch alle Schichten oder entsprechen einander völlig.

Die Höhe der leuchtenden und grauen Wolken müsste sehr beträchtlich sein, wenn das *Wilson*'sche Phänomen wirklich als allgemein bei Flecken auftretend angenommen werden könnte, wie man trotz der gleich von *Lalande* und *Wollaston* dagegen erhobenen Einwendungen lange geglaubt hat. Neuere Untersuchungen haben aber *Lalande*'s und *Wollaston*'s Einwendungen als völlig begründet erkannt. Es ist ein Phänomen sehr delicater Natur und ich trage Bedenken, die darauf gegründeten Folgerungen über die Dicke jener Schichten hier anzuführen.

Von bekannten Astronomen ist die Meinung gegen mich ausgesprochen, die jetzigen Ansichten über die Natur der Sonne erinnerten an die Complication der Epicyklen des *Ptolomäus* zur Erklärung des Planetenlaufes; sie wären weit entfernt von der Einfachheit der Wahrheit. Es scheint in der That, als wäre es uns mehrfach gegangen wie ehemals den Anhängern des Ptolomäischen Weltsystems. Eine neue Erscheinung, ein neuer Epicykel — eine neue Umhüllung. Wenn man aber schärfer das Wesen erfasst, so wird diese sonst verführerische Analogie bedeutend verlieren. Immerhin sind die vorgetragenen Ansichten nur Hypothesen oder im Wesentlichen nur eine Hypothese und zwar, nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft, die wahrscheinlichste. Wenn man sagt, sie sei zu complicirt, so muss ich gestehen, das nicht einsehen zu können.

Erhalten wir von allen Punkten der Sonne gleiche Wärme?

Die schon früher erwähnten Beobachtungen über die Wärmevertheilung auf der Sonnenoberfläche, welche wir durch Absorption in ihrer Atmosphäre erklärten, haben ausserdem gelehrt, dass in Wirklichkeit nicht alle Punkte der Sonnenscheibe uns gleiche Wärme zusenden. Die dem Sonnenäquator benachbarten Gegenden strahlen nicht unbeträchtlich mehr Wärme aus, als die dem Pole nähern.

Man kann nun weiter fragen, ob auch alle Meridiane der Sonne uns gleiche Wärme zusenden. Um zu einer Entscheidung zu gelangen, hat man langjährige Reihen von Temperaturbeobachtungen in der Weise berechnet, dass diejenigen Beobachtungen in Mittel zusammengezogen sind, bei denen gleiche Meridiane der Sonne der Erde zugekehrt waren. Offenbar werden bei langjährigen Reihen sich zufällige Störungen der Temperatur heben und es wird eine Vermehrung oder Verminderung der Temperatur gegen das Mittel aller zeigen, ob die entsprechenden Meridiane wärmer oder kälter gewesen sind. Eine sorgfältige Untersuchung in der angegebenen Weise hat zuerst *Nervander* in Helsingfors, gestützt auf Pariser und Insbrucker Beobachtungen, unternommen und eine Temperaturungleichheit gefunden, welche nahe die Periode der Sonnenumdrehung hat. Die Ungleichheit beträgt etwa $\frac{1}{2}°$ R. und folgt aus beiden Beobachtungsreihen in nahe gleiche Grösse. *Carlini*,

welcher 10jährige Mailänder Beobachtungen untersuchte, fand diese Ungleichheit nur sehr unbedeutend grösser; *d'Arrest*'s Bearbeitung der Königsberger Beobachtungen führten ebenfalls auf denselben Werth; etwas grösser ergaben ihn die Berliner Beobachtungen. *Airy*, welcher Greenwicher Beobachtungen bearbeiten liess, fand die einzelnen Daten zu disharmonirend und sprach seinen Zweifel über die Existenz einer derartigen Temperaturungleichheit aus. Hiernach dürfte die Frage noch nicht als hinreichend entschieden betrachtet werden. Die Coincidenz der Periode der Temperaturungleichheit mit der Periode der Sonnenrotation ist übrigens keineswegs exact. Nach *Buys-Ballot*'s Bestimmung derselben, verglichen mit den neuesten Folgerungen *Carrington*'s für die Rotation des Sonnenkörpers, würde die Differenz beider gegen die Erklärung derselben durch ungleiche Wärmeausstrahlung verschiedener Meridiane der Sonne sprechen.

Von den Perioden, welche man in dem Auftreten der Sonnenflecken bemerkt hat.

Die Bemerkung, dass die Sonne in manchen Jahren gleichsam mit Flecken bedeckt ist, in andern aber sehr wenige, selbst gar keine zeigt, ist schon sehr früh gemacht, eine Gesetzmässigkeit in diesem Wechsel aber sehr spät erkannt. *Lalande* sagt in der dritten Auflage seiner Astronomie, welche gegen Ende des vorigen Jahrhunderts erschien, ausdrücklich, dass das Erscheinen der Sonnenflecken Nichts Regelmässiges hat und gleiche Aussprüche liessen sich aus dem verflossenen Jahrhunderte viele anführen. Einzelne Astronomen, welche die Sonnenflecken zum Gegenstande langjähriger Beobachtungsreihen machten, haben vermuthlich die Ahnung einer gewissen Gesetzmässigkeit der Erscheinung gehabt. *C. Horrebow*, ein sehr fleissiger Aufzeichner des Fleckenzustandes der Sonne, äussert im Jahre 1775, dass das Aussehen der Sonnenscheibe in Bezug auf Anzahl nnd Grösse der Flecken nach einer gewissen Reihe von Jahren wiederzukehren scheine. Eine derartige Periodicität hat er jedoch aus seinen Beobachtungen, welche 36 Jahre umfassen, nicht nachzuweisen versucht. Die Meinung, dass der Fleckenbestand der Sonne kein periodischer sei, ist noch allgemein verbreitet in den ersten drei Decennien des 19ten Jahrhunderts; dann erst finden sich einzelne Äusserungen

über eine mögliche Periodicität. Diese Periodicität ist jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen.

Im Jahre 1826 begann *Heinrich Schwabe* in Dessau sich mit den Sonnenflecken zu beschäftigen; er beobachtete die Sonne, sobald es die Witterung irgend erlaubte, im Durchschnitt jährlich fast an 300 Tagen. Für jeden dieser Tage notirte er die Anzahl der Gruppen von Sonnenflecken und fügte Bemerkungen über die einzelnen Erscheinungen bei. Folgende Tabelle ergiebt sich aus seinen Beobachtungen bis auf die neueste Zeit:

Jahr der Beobachtung.	Anz. der Tage, an denen beobachtet.	Anz. d. beob. Fleckengruppen.	Anz. d. fleckenfreien Tage
1826	277	118	22
1827	273	161	2
1828	282	225	0
1829	244	199	0
1830	217	190	1
1831	239	149	3
1832	270	84	49
1833	267	33	139
1834	273	51	120
1835	244	173	18
1836	200	272	0
1837	168	333	0
1838	202	282	0
1839	205	162	0
1840	263	152	3
1841	283	102	15
1842	307	68	64
1843	312	34	149
1844	321	52	111
1845	332	114	29
1846	314	157	1
1847	276	257	0
1848	278	330	0
1849	285	238	0
1850	308	186	2
1851	308	151	0

Jahr der Beobachtung.	Anz. der Tage, an denen beobachtet.	Anz. d. beob. Fleckengruppen.	Anz. d. fleckenfreien Tage.
1852	337	125	2
1853	299	91	4
1854	334	67	65
1855	313	79	146
1856	321	34	193
1857	324	98	52
1858	335	202	0
1859	343	205	0
1860	332	210	0.

Ein flüchtiger Blick auf diese Zahlenreihen lehrt, dass der Fleckenbestand der Sonne in diesem Zeitraume einem periodischen Wechsel unterworfen gewesen ist und dass die Periode 10—12 Jahre beträgt. In den Jahren 1833, 1843, 1856 sind sehr wenige Gruppen beobachtet und an fast der Hälfte aller Beobachtungstage die Sonne ganz fleckenfrei gefunden. In den Jahren 1828, 1837, 1848, 1859 und 1860 sind ausserordentlich viele Gruppen verzeichnet und die Sonne an keinem einzigen Tage fleckenfrei gesehen.

Durch *Schwabe*'s Arbeiten ist somit die Existenz eines periodischen Wechsels im Fleckenbestande der Sonne von beiläufig 10 Jahren für die Dauer seiner Beobachtungen erkannt. Es war nun eine höchst interessante Frage zu untersuchen, ob die Aufzeichnungen aus älterer Zeit mit einer solchen periodischen Änderung im Einklange ständen oder nicht. Dieser Arbeit hat sich *Wolf* mit grossem Eifer und seltenem Quellenstudium unterzogen. Er hat festgestellt, dass der Fleckenbestand der Sonne in dem Vierteljahrtausende seit der Entdeckung der Sonnenflecken periodischen Änderungen unterworfen gewesen ist und gezeigt, dass selbst die Länge dieser Periode sich aus den frühern Beobachtungen, mit sorgsamer Benutzung des alten, zum Theil erst von ihm ans Tageslicht gezogenen Materials, bestimmen lässt, dass die Periode, obgleich unzweifelhaft nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen, immer wesentlich dieselbe Länge gehabt hat, wie jetzt; dass ferner der wahrscheinlichste Werth, den man dafür angeben kann, $11\frac{1}{9}$ Jahre beträgt.

Folgende Tabelle enthält eine Übersicht der Epochen, wann

der Fleckenbestand der Sonne nach *Wolf*'s bisherigen Ermittelungen seinen kleinsten Werth gehabt hat:

1610,8	8,2	1733,5	11,5
1619,0	15,0	1745,0	10,5
1634,0	11,0	1755,5	10,0
1645,0	10,0	1765,5	10,3
1655,0	11,0	1775,8	8,7
1666,0	13,5	1784,5	14,5
1679,5	10,0	1799,0	11,5
1689,5	8,5	1810,5	12,7
1698,0	14,0	1823,2	10,4
1712,0	11,0	1833,6	10,4
1723,0	10,5	1844,0	12,2
1733,5		1856,2	

Die Differenz je zweier Zahlen giebt die beigesetzte Länge der Periode; die starke Veränderlichkeit, trotz der nicht unbedeutenden Unsicherheit mancher der Zahlen, ist evident. Ein merkwürdiges Resultat, zu dem *Wolf* ganz kürzlich gelangt ist, besteht darin, dass einerlei ob die Periode kurz oder lang gewesen, die Summe der von der Sonne in diesem Zeitraume entwickelten Fleckenthätigkeit constant zu sein scheint.

Einen Grund für die Periodicität im Fleckenbestande der Sonne aufzufinden ist bislang nicht gelungen, wie es bei einer so neuen Sache auch keineswegs zu erwarten ist. Es sind allerdings einzelne Meinungen darüber geäussert: aber zum Theil ist ihre Absurdität nachgewiesen, zum Theil die Begründung derselben so schwach, dass sie an diesem Orte keine Erwähnung verdienen.

Wolf und *Schmidt* haben sich bemüht im Fleckenbestande der Sonne Perioden nachzuweisen, welche in Beziehung zu den veränderlichen Stellungen von Mercur, Venus, Erde etc. stehen. Diese Rechnungen scheinen für alle Planeten, mit Ausnahme der Erde, zu einem völlig verneinenden Resultate geführt zu haben. Für die Erde glaubt *Wolf* eine ihrem Umlaufe entsprechende Periode im Fleckenbestande der Sonne gefunden zu haben. Es leidet keinen Zweifel, dass eine Abhängigkeit unserer Ausdrücke für den Fleckenzustand der Sonne vom Erdjahre existiren muss, weil man in den verschiedenen Jahreszeiten wegen veränderten Abstandes von der Sonne und sonstiger klimatischen Rücksichten, den Fleckenbestand nach der herrschenden unvollkommenen Ermittelungsart verschieden angeben wird, selbst wenn er immer derselbe sein sollte. Aber

die hiernach nothwendige Form jener Abhängigkeit entspricht nicht der Form der von *Wolf* vermutheten Periode; diese Form ist übrigens gewiss noch nicht aus den Beobachtungen erkannt.

Es scheint, als wenn die oben erwähnten Unregelmässigkeiten in der Periode wieder einem etwa 60jährigen Cyklus unterworfen wären; einen ähnlichen Cyklus vermuthet *Wolf* in der Energie der Fleckenentwickelung um die Zeiten der Maxima des Fleckenbestandes. Die Fackeln scheinen derselben Periodicität der Erscheinung unterworfen, wie die Flecken. Die grössere Schwierigkeit ihrer Wahrnehmung oder Bezeichnung und ihr Verschwinden in einigem Abstande vom Rande ist der Grund, dass direkte numerische Angaben fehlen.

Die Sonnenflecken und ihre Beziehungen zu irdischen Erscheinungen.

Im März 1852 theilte *Sabine* der *Royal Society* eine Schrift mit, worin er darauf aufmerksam machte, dass Ungleichheiten in der Häufigkeit und dem Betrage von magnetischen Störungen der Epoche nach sehr nahe mit den *Schwabe*'schen Resultaten für die Ungleichheiten im Fleckenbestande der Sonne zusammenfielen. Eine correspondirende Ungleichheit fand er in den täglichen Variationen der Declination, der Inclination und der Intensität der Magnetnadel. *Lamont* hatte schon früher aus den Münchener Beobachtungen der Magnetnadel eine Ungleichheit im Betrage der täglichen Schwankungen der Declinationsnadel nachgewiesen, die ihm eine Periode $10\frac{1}{3}$ Jahren zu haben schien. Eine Zusammenhaltung seiner Zahlen des *Schwabe*'schen Tableau führten *Wolf* und *Gautier*, zu welchen von *Sabine*'s Bemerkung noch keine Kunde gedrungen war, zu derselben Entdeckung. Die seitdem angestellten Beobachtungen und die Untersuchung früherer Messungen haben diesen merkwürdigen Zusammenhang immer mehr und mehr bestätigt und wahrscheinlich gemacht, dass jene Periode in den magnetischen Erscheinungen ebenfalls zu etwa 11 Jahren im Mittel angenommen werden könne. Die Ungleichheiten in den einzelnen Epochen finden sich ganz ähnlich in den Perioden der täglichen Variation, für die man bis 1784 zurück einzelne brauchbare Angaben findet.

Die Veränderungen der täglichen Variation der Declination der Magnetnadel lassen sich nach *Wolf* für irgend einen Erdort auf eine höchst einfache Weise aus dem Fleckenbestande der Sonne

ableiten; es ist ein blosser Wechsel der Scale. Man wird für München z. B. die Variation der Declination finden, wenn man zu dem constanten Werthe 6,27 den zwanzigsten Theil der Zahlen der zweiten Columne der folgenden Übersicht legt; diese Summe ist in der dritten Columne enthalten. Die vierte Columne enthält die wirklich beobachteten Werthe der Veränderung; die Zahlen der zweiten Reihe sind natürlich lediglich aus den Beobachtungen der Sonnenflecken, zum grössten Theil aus den früher erwähnten *Schwabe*'schen Beobachtungen entnommen und geben Verhältnisszahlen für den Fleckenstand der Sonne.

Jahr der Beobachtung.	Verhältnisszahl.	Variation der Decl. berechnet.	beobachtet.
1835	45,1	8,52	8,61
1836	97,4	11,14	11,11
1837	111,0	11,82	11,04
1838	82,6	10,40	11,47
1839	68,5	9,70	9,93
1840	51,8	8,86	8,92
1841	29,5	7,75	7,82
1842	19,2	7,23	7,08
1843	8,4	6,69	7,15
1844	12,2	6,88	6,61
1845	32,4	7,89	8,13
1846	47,0	8,62	8,81
1847	79,3	10,23	9,55
1848	100,4	11,29	11,15
1849	95,6	11,05	10,64
1850	63,0	9,42	10,44

Wie man sieht ist der Anschluss der dritten und vierten Columne ein sehr naher.

Die Untersuchungen von *Sabine, Wolf* und *Hansteen* führen auch auf jährliche Perioden in den Störungen der täglichen Variation der Declination. *Wolf* hat damit die von ihm vermuthete jährliche Periode der Sonnenflecken in Zusammenhang zu bringen gesucht. Die bisherigen Untersuchungen über diese äusserst kleinen Grössen haben aber noch nicht die wünschenswerthe Sicherheit, um die Uberzeugung von dem Zusammenhange zu gewähren,

Die Erwähnung der gleichzeitigen Störungen der magnetischen Instrumente in Kew bei der wunderbaren Lichterscheinung auf der Sonne am 1sten Sept. 1859 gehört hier ebenfalls mehr oder weniger her; jedoch bemerkt *Carrington* mit Recht dazu, dass eine Schwalbe keinen Sommer macht.

Zwischen dem Erscheinen der Nordlichter und dem Auftreten der Sonnenflecken hat man lange eine Beziehung vermuthet; *Wolf*'s neueste Zusammenstellung bestätigt aber diese Vermuthung nicht.

Der Flächenraum, welchen Flecken auf der Sonnenscheibe einnehmen, ist zuweilen sehr beträchtlich; aus den Messungen von *Prince* und *Secchi* folgt aber, dass ein Sonnenfleck weniger Wärme ausstrahlt, als ein gleich grosses Stück der fleckenfreien Sonnenscheibe. Es scheint danach also nicht unwahrscheinlich, dass eine merkliche Differenz in den Temperaturen an der Erdoberfläche sich zeigen kann, je nachdem die Sonne viele oder wenige Flecken hat. *W. Herschel* war der Erste, welcher diese schon früh aufgestellte Ansicht durch Zusammenhalten von Thatsachen aus dem Bereiche der Vermuthung zu entfernen suchte. In Ermangelung hinreichender meteorologischer Beobachtungen nahm er seine Zuflucht zur Vergleichung der Preise des Weizens während der Zeiten, in denen viele und wenige Sonnenflecken angemerkt waren. Dieser Preis ist ohne Zweifel abhängig von der uns von der Sonne zugesandten Wärme. Aber bei Erwägung der vielen andern Dinge, welche die Schwankungen der Getreidepreise beeinflussen, wird man nicht geneigt sein, darauf basirten Schlüssen viel Gewicht beizulegen. In der That führen Untersuchungen ähnlicher Art, welche *Arago* für Frankreich durchgeführt hat, zu Resultaten, die den *Herschel*'schen, der den Preis des Weizens in England zu Grunde legte, diametral entgegengesetzt sind. Jetzt, wo man im Besitze ausgedehnter meteorologischer Beobachtungsreihen ist, wo man ausserdem die Periode des Fleckenbestandes der Sonne kennt, kann man die Frage directer angreifen. Offenbar muss diese Frscheinung sich an allen Orten der Erde in gleichem Sinne, wenn auch nicht in gleicher Grösse, äussern. Die bislang ausgeführten Untersuchungen gewähren aber nicht diese Harmonie. Es folgt aus ihnen, dass jener Temperaturunterschied jedenfalls so klein ist, dass er aus den bisherigen Beobachtungsreihen mit Gewissheit durchaus nicht numerisch bestimmt werden kann.

Schwabe macht auf den eigenen Umstand aufmerksam, dass nur in den Jahren, in denen die Sonne an Flecken sehr arm war, ihm Sonnenglässer zersprungen sind, obgleich er seit Anfang seiner Beobachtungsreihe die Anwendungsart seines Instrumentes ungeändert beibehalten hat; auch ist er der Ansicht, dass Jahre, in welchen viel Sonnenflecken sichtbar werden, im allgemeinen weniger heitere Tage haben. Die Vergleichungen einer alten Züricher Chronik mit dem Sonnenfleckenstande, geschlossen aus der als regelmässig angenommenen Sonnenfleckenperiode von $11\frac{1}{9}$ Jahren, würde nach *Wolf* zu dem entgegengesetzten Resultate führen.

Sind alle Stellen der Sonne gleich häufig von Flecken oder Fackeln besucht?

Die Untersuchung, ob die Flecken sich an gewissen Punkten der Sonne häufiger als an andern zeigen, ist eine sehr schwierige, weil man bislang nicht im Stande ist, die wahre Rotationsdauer des Sonnenkörpers genau zu bestimmen. Das Gleiche gilt, wenn man von dem Besuchtsein gewisser Meridiane spricht. Nach den hierauf bezüglichen Untersuchungen von *Carrington* scheint jedoch mit einiger Sicherheit ausgesprochen werden zu können, dass kein Meridian der Sonne sich durch stärkere Fleckenbildung vor den übrigen auszeichnet.

Leicht ist die Frage, sobald es sich um die Vertheilung nach den Äquator parallelen Zonen handelt. Schon die ersten Beobachter erkannten, dass die den Polen der Sonne nahen Gegenden nicht von Flecken besucht werden. *Scheiner* nahm zufolge seiner häufigen Beobachtungen eine Königszone an, ausserhalb welcher er Sonnenflecken nie wahrgenommen hatte. Sie erstreckte sich zu beiden Seiten des Äquators bis zur Breite von 30°. Es sind aber später Sonnenflecken in beträchtlich grösseren nördlichen und südlichen Breiten wahrgenommen, ganz abgesehen von einer apocryphen Beobachtung *Lahire*'s welche lange in allen diesen Gegenstand behandelnden Schriften aufgeführt ist. *Carrington* hat die Angaben über zwei Flecken in sehr hohen Breiten veröffentlicht. Der eine ein Doppelfleck, ward in 44° südlicher Breite von ihm beobachtet; der andere ist im Juni 1846 von *Peters* in Neapel in 50° nördlicher Breite gesehen. Von Flecken in dem Pole noch nahern Gegenden hat man bislang keine authentischen Nachrichten.

Innerhalb der von Sonnenflecken besuchten Zone ist die Vertheilung derselben den Breitengraden nach keineswegs gleichförmig. Die Äquatorgegend wird äusserst selten von Flecken besucht; sehr häufig sind sie aber auf beiden Seiten desselben zwischen den Parallelen von 8°—20° Breite. *Thilo* folgerte diese Resultate aus den Zeichnungen von *Sömmering*. Die Karte, welche *Böhm* seinen Arbeiten über die Sonnenflecken als Übersichtsblatt beigegeben hat, bestätigt dieses Ergebniss vollkommen. Schon *Schröter* hat auf das gleichzeitige Besuchtsein mancher Parallelkreise durch Flecken, wonach dieselben dem Betrachter direct, gleichsam gürtelartig, in die Augen fallen, aufmerksam gemacht. Er durchsucht sogar die ältern Notizen und findet in den Beobachtungen und Beschreibungen der französischen Akademiker aus dem Anfange des vorigen Jahrhunderts, dass auch zu der Zeit, als jene sich eifrig mit der Sonne beschäftigten, diese ihm auffällige Anordnung der Flecken stattgefunden hat.

Carrington hat aus seinen Beobachtungen der Sonnenflecken in neuerer Zeit ein merkwürdiges hierhergehöriges Factum bekannt gemacht. Während der zwei Jahre vor dem letzten Minimum im Fleckenbestande der Sonne fand er, dass alle Sonnenflecken in einem äquatorialen Gürtel zwischen dem 20. Grade nördlicher und südlicher Breite auftraten. Nachher aber war diese Zone verlassen; die Flecken zeigten sich jetzt hauptsächlich innerhalb zweier Zonen, deren begränzende Parallelkreise 20° und 40° auf beiden Seiten vom Äquator abstanden. Es lässt sich natürlich noch nicht sagen, ob man hiermit einem allgemeinen Gesetze auf die Spur gekommen ist oder nur mit einer zufälligen Erscheinung zu thun hat.

Die Fackeln, die steten Nachbarn der Flecken, sind ähnlich wie diese meistens nur in den oben angegebenen Gränzen sichtbar, jedoch zeigen sie sich, wie es scheint, häufiger in grössern nördlichen Breiten. Gewiss ist das der Fall für die kleinen mehr rundlichen Fackeln, die Knötchen (noduli); z. B. habe ich eine kleine, längliche (etwa 6″ grosse) Fackel im Februar dieses Jahres im 58° nördl. Br. beobachtet.

Von den Andeutungen, welche die Vertheilung der Sonnenflecken auf die sie veranlassenden Ursachen gewährt.

Nach *W. Herschel*'s Ansicht veranlasst, wie schon erwähnt, ein sehr elastisches Gas, entwickelt auf dem dunkeln Sonnenkörper, die Fleckenbildung. Die Annahme dieses Motors ist aber nach dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntnisse rein willkürlich; wir haben durchaus keinen directen Beweis für seine Existenz.

John Herschel versucht in dem Werke, worin er die Resultate seines bewunderungswürdigen astronomischen Wirkens am Cap der guten Hoffnung niedergelegt hat, die Entstehung der Sonnenflecken an Ursachen anzuknüpfen, deren Existenz anderweitig keinem Zweifel unterworfen ist. Was auch die physische Ursache der Flecken sein mag, sicher ist, dass sie in enger Beziehung zur Rotation der Sonne stehen. Die Abwesenheit der Flecken in den Polarregionen der Sonne und ihr Auftreten in zwei dem Sonnenäquator parallelen Zonen, getrennt durch einen nur selten von Flecken besuchten äquatorealen Streifen, führt ihren Ursprung auf die Strömungen eines Mediums zurück, welche, wenn auch nicht lediglich veranlasst, so doch wesentlich beeinflusst werden durch den Umschwung um ihre Axe. Könnte man irgend eine Ursache nachweisen, welche auf der Sonne Strömungen hervorzurufen im Stande wäre in der Richtung von den Polen zum Äquator oder umgekehrt, so würde die Rotation der Sonne sie modificiren (ähnlich wie die Erdrotation die Passatwinde und Monsoone) und die damit im grossartigsten Maassstabe verbundenen meteorologischen Phänomene in Zonen parallel dem Äquator anordnen, mit einer dazwischen liegenden Zone der Calmen.

Die Ursache der Strömungen in unserer Atmosphäre ist im Wesentlichen nur die erhitzende Kraft der Sonne, ein äusseres Agens. Nach einem solchen äussern Agens hat man bei der Sonne lange vergeblich gesucht. Die in neuerer Zeit aufgestellte, aber noch sehr gewichtigen Einwendungen unterworfene Theorie über die dynamische Erzeugung der Hitze und des Lichtes der Sonne durch unausgesetzt hineinfallende Massen, weist allerdings auf grössere Erwärmung der Äquatorialgegenden hin. *J. Herschel* macht darauf aufmerksam, dass eine Verschiedenheit in der Leichtigkeit mit welcher verschiedene Punkte der Sonne ihre Wärme aus-

strahlen können, Veranlassung zu Strömungen geben müsse. Eine solche Verschiedenheit scheint aber vorhanden zu sein. Die Sonne ist von einer Atmosphäre umgeben, welche den Gesetzen des Gleichgewichts zu Folge an den Polen abgeplattet ist. Es sind also ihre äquatorialen Schichten dicker als die polaren und hieraus muss ein ungleiches Hinderniss für das Entweichen der Wärmestrahlen aus den äquatorialen und polaren Gegenden entstehen. Nach dieser Ansicht der Dinge vergleicht *J. Herschel* die Flecken mit den Gegenden unserer Erde, wo Orkane und Wirbelstürme wüthen. Genaue Beobachtungen über die Art der Entstehung und Ausbildung der Flecken sowie ihres Verschwindens würde über diese Meinung ein grosses Licht verbreiten können. So sehr das Verhalten ausgebildeter Flecken und ihr Verschwinden damit im Einklange zu stehen scheint, so wenig harmonirt die Entstehung der Flecken, wie man sie bislang kennt, mit dieser Ansicht.

Die Sonne als Fixstern.

Von der Grösse der Sonne, verglichen mit der Erde, von ihrer Masse, wonach erst 355000 Erdkugeln die eine Sonnenkugel aufwiegen, ist schon die Rede gewesen. Sehen wir jetzt, welcher Rang der Sonne unter ihres Gleichen, unter der ungeheuren Zahl der selbstleuchtenden Fixsterne gebührt.

Durch *W. Herschel*'s unsterbliche Verdienste ist der Fixsternastronomie seit Anfang dieses Jahrhunderts ein ganz neues Feld erschlossen. Er erkannte zuerst, dass gewisse Sterne, welche in nur sehr geringem scheinbaren Abstande von einander wahrgenommen werden, die Doppelsterne, Veränderungen in ihrer gegenseitigen Stellung zeigen, welche nur durch ein Kreisen um einander erklärt werden können. Die Astronomen vernachlässigten eine Zeitlang, sei es aus Misstrauen, sei es aus Indifferenz, die grosse *Herschel*'sche Entdeckung. Endlich nahmen *W. Struve* und *J. Herschel* die Beobachtungen wieder auf und es ging eine völlige Bestätigung der Ansichten *W. Herschel*'s aus den beiderseitigen Bemühungen dieser Männer mit schöner gegenseitiger Übereinstimmung hervor. Seitdem sind die Beobachtungen der Doppelsterne unausgesetzt fortgeführt und die darauf gegründeten Rechnungen haben mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit gezeigt, dass dieselben Gesetze, welche in unserm Sonnensysteme herr-

schen, auch die Bewegungen dieser fernen Sterne lenken. Es gelten also dieselben Schlussfolgerungen, aus denen man zur Kenntniss der Massenverhältnisse in unserem Sonnensysteme gelangt, auch für diese Fixsternsysteme. Für alle Sternenpaare, bei denen man im Stande ist, eine Bestimmung ihrer Umlaufszeit und des scheinbaren Bahnhalbmessers aus den Beobachtungen abzuleiten, kann man daher das Verhältniss ihrer Masse zur Sonnenmasse bestimmen, sobalb ausserdem die Entfernung der Sterne von der Erde bekannt ist, um den scheinbaren Bahnhalbmesser in den wahren zu verwandeln. Man kann dann berechnen, welches die Umlaufszeit eines unsere Sonne in gleichem Abstande umkreisenden Körpers sein würde, woraus direct das Verhältniss der Masse des Doppelsternes zur Sonnenmasse folgt. Bislang ist nur für einen Doppelstern sowohl Bahnbewegung als Entfernung mit ziemlicher Genauigkeit bekannt, nämlich für *p* Ophiuchi. Die Masse der beiden Sterne, aus welchen *p* Ophiuchi (für's blosse Auge ein Stern 4. oder 5. Grösse) besteht, ergiebt sich daraus gegen drei mal grösser als die Sonnenmasse. Für zwei andere Sternenpaare, *α* Centauri und 61 Cygni, deren Entfernung gut bekannt ist, ist die Umlaufszeit oder die grosse Axe der Bahn wenig sicher. Wenn man für den ersten, dessen beide Componenten dem blossen Auge als ein Stern erster Grösse leuchten, die jetzt wahrscheinlichsten Daten nimmt, so würde die Masse der beiden Sterne die Sonnenmasse vier Mal übertreffen. In wenigen Jahren wird für diesen Stern die noch waltende Unsicherheit über die grosse Axe der Bahn gehoben sein. Das ist leider für 61 Cygni nicht der Fall; es lässt sich selbst kein beiläufiger Werth für seine Masse angeben, weil wir über seine Bahn durchaus Nichts Gewisses kennen. Soweit also die vorhandenen Daten zu urtheilen erlauben, gehört unsere Sonne nicht zu den Fixsternen von überwiegender Masse.

Die Ansicht, dass unsere Sonne ähnlicher Natur sei wie die Fixsterne, welche Abends zu Tausenden am gestirnten Himmel funkeln, ist frühzeitig schon ausgesprochen. Man erklärte die Fixsterne für Sonnen, conform der unsern; wie um diese Planeten und Cometen kreisen, so dachte man sich auch die Fixsterne von Planeten und zahllosen Cometen umgeben. Welches Recht man einer so weit ausgedehnten Analogie zugestehen will, bleibt indi-

viduellen Ansichten überlassen. Die vermeinte Ähnlichkeit ist aber für eine sehr grosse Anzahl von Gestirnen durch die Entdeckung, dass es Doppelsterne sind, zerstört. Unsere Sonne ist ein einzelner Stern und die wunderbaren Verhältnisse, welchen etwaige Planeten eines Doppel- oder dreifachen Sternes unterworfen wären, sind weit entfernt von jener Ähnlichkeit, um derentwillen man hauptsächlich ihr Vorhandensein angenommen hat.

Die Frage, um wie viel das Licht, welches uns die Sonne zusendet, das Licht eines Fixsternes, z. B. des Sirius, übertrifft, ist lange aufgeworfen aber wegen der ungeheuern Differenz der Helligkeiten noch jetzt nicht mit Zuverlässigkeit entschieden. *Huyghens* scheint der Erste gewesen zu sein, welcher einen Versuch gemacht hat, dieses Verhältniss numerisch zu bestimmen. Schon früher hatte *James Gregory* auf die daraus folgenden, gleich zu besprechenden Schlüsse aufmerksam gemacht. *Huyghens* fand, dass 765 Millionen Sterne wie Sirius erst ein der Sonne gleiches Licht verbreiten würden. Mit Übergehung mancher spätern, kaum genaueren Versuche führe ich sein Resultat hier an als das erste, obgleich sein Verfahren manchen Einwendungen ausgesetzt ist. *J. Herschel* leitet aus seinen Beobachtungen am Cap ab, dass die von α Centauri und dem Vollmonde uns zugesendeten Lichtmengen sich wie 1 zu 27400 verhalten. Nach *Wollaston* überträfe das Licht der Sonne das des Vollmondes 800000 Mal. Die Verbindung dieser beiden Zahlen ergiebt, dass das Licht, welches uns die Sonne zusendet, dasjenige, welches wir von α Centauri erhalten 22000 Mill. Mal übertrifft. Die Genauigkeit dieses Resultats ist mässig. Zufolge neuerdings in Cambridge (Amerika) von *Bond* ausgeführter Beobachtungsreihen, über die jedoch noch kein Detail vorliegt, würde man für das angegebene Verhältniss 19000 Mill. zu 1 erhalten. Diese ganz befriedigende Übereinstimung ist aber nur zufällig, da die *Bond*'schen Untersuchungen das Verhältniss des Vollmondlichtes zum Sonnenlichte nicht so ergeben, wie *Wollaston* es gefunden hat.

Da wir die Entfernung von α Centauri kennen, so können wir berechnen, wie viel Mal schwächer unsere Sonne erscheinen würde, wenn wir sie aus so grosser Distanz sähen. Die Rechnung ergiebt, dass unsere Sonne in die Entfernung von α Centauri gerückt uns 44000 Mill. Mal weniger Licht senden würde. Es übertrifft also

entweder der Durchmesser der Sterne von α Centauri den der Sonne oder ihre Leuchtkraft ist die doppelte.

Das Licht des Sirius übertrifft nach *J. Herschel* das von α Centauri nahe vier Mal, das der Wega nach *Seidel* etwas mehr als vier Mal. Es wird also die Sonne uns zufolge dieser Zahlen 21000 Mill. Mal mehr Licht zusenden, als Wega. Nimmt man die Entfernung dieses Sternes nach *O. Struve*'s neuesten Resultaten an, so würde die Sonne in gleicher Entfernung 94 Mal schwächer leuchten, was einen etwa 10 Mal kleinern Durchmesser oder eine beträchtlich geringere Leuchtkraft voraussetzt.

Seidel zieht aus einer Reihe von Betrachtungen, auf die später noch einmal recurrirt werden soll, den Schluss, dass die Sonne das Licht der Wega wenigstens 30000 Mill. Mal übertrifft. Hiernach wäre also die obige *Herschel*'sche Zahl noch zu klein und für die Sonne würde eine noch geringere Leuchtkraft folgen oder ein grösserer Durchmesser der Sterne im Verhältniss zur Sonne angenommen werden müssen. Es könnte hiernach fast scheinen, als ob unsere Sonne zu den schwächer leuchtenden Sternen gehörte. Wenn man aber alle Sterne, deren Parallaxe sicher erkannt ist, vergleicht, indem man sehr genäherte Werthe für das Verhältniss der Lichtmengen zu Grunde legt, welche uns Sterne verschiedener Grössenclassen zusenden, so wird diese Meinung nicht bestätigt. Vielmehr scheint die Sonne in Bezug auf eigenthümliche Helligkeit und Durchmesser einen mittlern Platz unter den Sternen einzunehmen. In Bezug auf die Färbung ihres Lichtes stimmt die Sonne ebenfalls mit den meisten Sternen überein; die Mehrzahl derselben sendet uns ein nicht wesentlich von Weiss unterschiedenes Licht zu. Die Anzahl der bekannten Sterne von entschieden abweichender Färbung ist verhältnissmässig gering.

Fraunhofer hat einen Unterschied zwischen dem Sonnenlichte und dem von gewissen Fixsternen ausgehenden erkannt. Die Auseinandersetzung dieses Unterschiedes giebt Veranlassung, der neuerdings von *Kirchhof* und *Bunsen* geäusserten Ansichten über das Vorhandensein gewisser Metalle auf der Sonne zu gedenken.

Verschiedenfarbige Lichtstrahlen, welche in paralleler Richtung auf ein Prisma fallen, sind nach dem Austritte aus ihm nicht mehr unter einander parallel; die einen sind mehr von der frühern Richtung abgelenkt als die andern. Diese wichtige Eigenschaft des

Prisma, die verschiedenen Strahlen zu sondern, sie gleichsam neben einander zu ordnen, ist Jedermann bekannt durch die herrlichen Farbenerscheinungen, welche Lichtquellen darbieten, deren Strahlen durch facettirte Gläser in unser Auge gelangen. Das weisse Sonnenlicht zerlegt das Prisma in eine Menge verschiedenfarbiger Strahlen, welche man im Spectrum nach ihrer verschiedenen Ablenkbarkeit neben einander geordnet sieht. Bei einer bestimmten Anordnung des Versuchs bemerkt man, dass Lichtstrahlen, denen eine gewisse Farbe zukommen würde, nicht vorhanden sind. Die Stellen, welche sie einnehmen müssten, sind dunkel; man sieht das Spectrum durchschnitten von schmälern und breitern dunklen Linien, deren relative Lage unveränderlich ist.

Betrachtet man in ähnlicher Weise die Farbenspectra von irdischen Lichtquellen, so zeigt sich, dass die Farben gleichmässig, ohne plötztliche Helligkeitsänderungen in einander übergehen, so lange man mit leuchtenden festen oder flüssigen Körpern zu thun hat. Es zeigen sich aber merkwürdige Stetigkeitsunterbrechungen der Helligkeit, sobald die Lichtquelle ein Gas ist oder Metalldämpfe, welche im elektrischen Bogen leuchten. Das Spectrum wird in diesem Falle von leuchtenden Streifen durchschnitten. Die Gruppirung derselben ist sehr verschiedenartig und, wie schon *Wheatstone* bemerkte, abhängig von den Metallen, deren Dämpfe in der Lichtquelle sich befinden aber constant für die Dämpfe eines und desselben Metalles. In neuester Zeit hat *Kirchhof* die Entdeckung gemacht, dass an der Stelle jener hellen Linien dunkle erscheinen sobald man durch den voltaischen Bogen, welcher durchsichtig ist, das helle Drummond'sche Kalklicht durscheinen lässt. Hier zeigt sich also eine Analogie mit den Erscheinungen im Spectrum des Sonnenlichtes. Bei dem *Kirchhof*'schen Experimente erscheinen beim Durchgange des Lichtes von einem glühenden, festen Körper durch eine Metalldampf-Atmosphäre im Spectrum dunkle Linien. Was für einen Unterschied kann es aber machen, ob das Licht aus geringer oder bedeutender Entfernung kommt, selbst wenn die Entfernung so gross sein sollte wie der Abstand der Erde von der Sonne? Ist es nicht hiernach natürlich anzunehmen, dass auch die Sonne ein glühender fester oder geschmolzener Körper ist, umgeben von einer Atmosphäre, in der Metalldämpfe schweben? Gewinnt nicht diese Ansicht noch bedeutend dadurch, dass man so-

gar nachweisen kann, dass gewissen dunklen Linien im Sonnenspectrum genau dunkle Linien im Spectrum bestimmter Metalle beim *Kirchhof*'schen Versuche entsprechen? Ist man nicht sogar berechtigt zu sagen, die Dämpfe dieser Metalle sind in der Sonnenatmosphäre enthalten? Wie verführerisch auch diese Schlussfolgerungen sein mögen: ohne Weiteres annehmbar sind sie nicht. Schon *Brewster* hat erkannt, dass wenigstens ein Theil der dunkeln Linien im Sonnenspectrum seine Entstehung dem Durchgange der Sonnenstrahlen durch die Erdatmosphäre verdankt; durch die Beobachtungen von *Kuhn* und andern ist dieses Resultat bestätigt. Bei seinem Aufenthalte auf dem Pik von Teneriffa untersuchte *Piazzi Smyth* auch die dunklen Linien im Sonnenspectrum. Überraschend ist nach seinen Versuchen die Zunahme der Zahl und der Breite der Linien je mehr sich die Sonne dem Horizonte nähert, je dicker also die von den Sonnenstrahlen durchlaufenen Luftschichten werden. Die Anzahl der dunklen Linien bei gleicher Höhe der Sonne war an der Küste beträchtlich anders als auf der gegen 9000 Fuss höhern Beobachtungsstation. Wie würden wir nun das Sonnenspectrum sehen, wenn die Strahlen nicht durch die Erdatmosphäre zu uns gelangten? Ehe diese Frage genauer erörtert ist, erscheint der Zweifel an der Gültigkeit der obigen Schlussfolgerungen völlig berechtigt.

Es verdient hier auch das sinnige Experiment von *Forbes* angeführt zu werden, der bei einer ringförmigen Sonnenfinsterniss im Jahre 1836 um die Mitte der Verfinsterung durchaus keine Veränderung in Zahl, Lage oder Dicke der dunkeln Streifen im Sonnenspectrum erkennen konnte. Das Spectrum wurde um diese Zeit aber nur durch Randstrahlen gebildet, die eine bedeutend dicke Schicht der Sonnenatmosphäre durchlaufen hatten.

Die Verschiedenheit, welche *Fraunhofer* zwischen dem Lichte einiger Fixsterne und dem Sonnenlichte gefunden hat, besteht darin, dass die dunklen Linien in den Spectren der Fixsterne eine wesentlich verschiedene Lage von dem im Sonnenspectrum befindlichen haben. Diese Thatsache deutet an, dass der Durchgang durch die Erdatmosphäre vielleicht nicht der alleinige Grund des Auftretens der dunklen Linien im Spectrum ist.

Die Intensität des Sonnenlichtes ist in letzter Zeit durch den leuchtenden Bogen, welcher zwischen zwei Kohlenspitzen durch

den elektrischen Strom hervorgerufen werden kann, fast erreicht. Das Verhältniss der Lichtstärke beider war in einem Versuche von *Davy*, bei welchem eine Menge sehr grosser Platten zur Erzeugung des elecktrischen Lichtes angewandt wurden, wie 2¼ : 1. Bedeutend weniger hell ist das Licht, welches durch Glühen eines Kreidestücks in der Hydrooxygenflamme hervorgebracht wird. Ein solches glühendes Kreidestück versuchsweise zwischen Sonne und Auge gebracht, projicirte sich als schwarzer Fleck auf sie. Man vergleiche hiermit, was über die Helligkeit der dunklen Sonnenflecken im Frühern gesagt ist. Photometrische Versuche haben nachgewiesen, dass die Intensität dieses Lichtes zum Sonnenlichte wie 1 : 146 sich verhielt.

Ist die Sonne ein veränderlicher Stern?

Jedermann weiss, dass man die Fixsterne nach gewissen Classen ordnet, dass man von Sternen erster, zweiter, dritter u. s. w. Grösse spricht. Es giebt aber auch Sterne; auf welche diese Eintheilungsweise nicht anwendbar ist; Sterne, welche heute den Glanz einer gewissen Grössenclasse zeigen, zu anderer Zeit aber in ganz verschiedener Helligkeit leuchten. Man hat sie aus diesem Grunde veränderliche Sterne genannt. Bei manchen kehrt dieselbe Lichthelligkeit in gewissen Perioden wieder; andere zeigen Schwankungen, in denen keine Periode zu erkennen ist. Gehört unsere Sonne in die Zahl dieser Sterne? Ist die von ihr ausgehende Lichtmenge einem periodischen Wandel unterworfen, gehört sie zu der Classe von Sternen, bei denen man eine allmälige Abnahme des Glanzes bemerkt zu haben glaubt, die also gewissermaassen als im Erlöschen befindlich anzusehen sind?

W. Herschel sagt in einem seiner Aufsätze, dass er die Vermuthung habe, die eine Seite der Sonne sei weniger günstig für eine reichliche Lichtausstrahlung als die andere; er giebt übrigens die Gründe für diese seine Meinung nicht. Wir haben gesehen, dass meteorologische Untersuchungen eine vielleicht mit der Umdrehungszeit der Sonne zusammenfallende Temperaturungleichheit auf der Erde ergeben haben. Es würde das für die Ansicht von *Herschel* sprechen, da wahrscheinlich Licht- und Wärmestrahlung in innigster Verbindung mit einander stehen. Jedenfalls ist die

Ungleichheit aber sehr gering und bei der Kürze der Periode für die Ökonomie der Erde von geringem Interesse.

Die Fleckenperiode von $11\frac{1}{9}$ Jahren hat vielfach Anlass gegeben, die Sonne mit veränderlichen Sternen zu vergleichen. Mancherlei Analogien mit dem Lichtwandel veränderlicher Sterne lassen sich nachweisen im Verlaufe des Phänomens. Die Helligkeit der Sonne, gesehen von einem entfernten Fixsterne, würde ohne Zweifel geringer erscheinen, sobald dunkle Flecken sie bedecken, als wenn sie fleckenfrei ist, wenn nicht gleichzeitig die fleckenerzeugenden Processe die Intensität der leuchtenden Theile erhöhen. Dies ist aber wohl möglich. Wenn viele Flecken vorhanden sind, zeigen sich auch viele Fackeln; schon hierdurch könnte die Compensation eintreten.

Seidel in München hat in seiner Arbeit über die Albedo (die Weisse, Reflexionsfähigkeit) der Planeten einen Weg gezeigt, die Frage experimental zu lösen. Er vergleicht die Helligkeit der Sonne mit der Helligkeit von Fixsternen mittelst der Planeten. Die Planeten leuchten durch reflectirtes Sonnenlicht; sie werden also stärker oder schwächer leuchten, je nachdem ihnen eine grössere oder kleinere Lichtmenge von der Sonne zugesandt wird. Der Gedanke, das Sonnenlicht mit dem der Fixsterne mittelst der Planeten zu vergleichen, ist nicht neu; man kann die Spuren desselben bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts verfolgen. Neu ist aber die Anwendung auf die Untersuchung der Beständigkeit des Sonnenlichtes. Gesetzt, es sei in eilf auf einander folgenden Jahren bestimmt, wie viel Mal das Licht des Jupiter das eines Fixsternes, z. B. des Sirius, übertrifft. Ich setze voraus, dass die nöthigen Reductionen wegen veränderlicher Helligkeit Jupiters nach seinen verschiedenen Abständen von Sonne und Erde etc., schon angebracht sind. Die Vergleichung der eilf Werthe unter einander wird sofort zeigen, ob eine Veränderlichkeit bei der angewandten Beobachtungsmethode bemerkbar geworden ist. Zeigt sich eine solche, so wird es zweifelhaft sein, ob sie der Unbeständigkeit des Lichtes des Sirius oder einer Veränderlichkeit in der Quantität des von der Sonne dem Jupiter zugesandten Lichtes zugeschrieben werden muss. Sind aber auch andere Planeten mit andern Sternen verglichen und zeigen sie eine Ungleichheit in der Weise, so bleibt nur die allen gemeinsame Veränderlichkeit in der Menge des ihnen

Einige Zusammenstellungen
als
Beitrag zu der Frage, ob ausser Mercur und Venus in dem Raume zwischen Sonne und Erde noch andere planetenartige Körper vorhanden sind.

Von Herrn Kriegsrath *C. Haase* in Hannover.

Einleitung.

Die Discussion der in der Überschrift erwähnten Frage ist in den letzten Jahren nach Publication der Arbeiten *Le Verrier*'s über das System der vier Planeten Mercur, Venus, Erde und Mars in den Vordergrund getreten.

Die von *Lescarbault* nach neunmonatlichem Schweigen über seine Wahrnehmung vom 26. März 1859 veröffentlichten Angaben, sowie die von *Hind* mitgetheilte Beobachtung des Eisenbahnbeamten *Lumms* zu Manchester vom 20. März 1862 haben dahin geführt, Nachforschungen in den älteren astronomischen Annalen aller Art anzustellen und den Versuch zu machen, diese älteren analogen Beobachtungen mit den neueren in Verbindung zu bringen.

Bei diesen Nachforschungen mitzuwirken, ist das lebhafte Bestreben des Referenten gewesen. Die schätzbaren Mittheilungen des Professors *Wolf* über die Sonnenflecke, die von *Carrington* in den Monthly Notices gegebenen Zusammenstellungen, sowie die interessante kleine Schrift von *Radau* „Les planètes au-dela de Mercure. (Extrait de l'annuaire du Cosmos) dienten ihm dabei zum Ausgangspunkte. Er glaubte zugleich dahin trachten zu müssen, die in jenen Werken aufgeführten Thatsachen in den Originalquellen wieder aufzusuchen, soweit die ihm zugänglichen literarischen Hülfsmittel solches irgend gestatten würden. Er fand sich durch

dieses Studium insofern belohnt, als es ihm einestheils gelang, noch einige Beobachtungen zu ermitteln, deren Charakter es verdienen möchte, bei derartigen Zusammenstellungen nicht ganz unerwähnt zu bleiben, und als es ihm anderentheils schien, dass das in jenen Werken Gegebene, und zum Theil wenigstens zunächst zu anderen Zwecken Gesammelte, sich noch hin und wieder in einigen Punkten ergänzen oder modificiren liesse.

Auf diese Weise entstand eine Reihe von Notizen, die zunächst nur den Zweck hatte, das sehr zerstreute Material in eine gewisse Übersicht zu bringen, und zur eigenen Information des Referenten zu dienen. Letzterer hätte gewünscht, dieselben noch längere Zeit hindurch vervollständigen und die darauf bezüglichen Rechnungen öfterer revidiren zu können. Aber die ziemlich sichere Voraussicht, dass ihm seine Dienstgeschäfte hiezu nicht die nöthige Musse gönnen werden, hat ihn auf den Wunsch einiger astronomischen Freunde veranlasst, das was er gesammelt, schon jetzt zu veröffentlichen, wozu ihm gerade eine solche populäre Zeitschrift, die zugleich den meisten Astronomen von Fach zu Händen kommt, der geeignetste Ort zu sein scheint.

Die gegenwärtige Zusammenstellung zerfällt in folgende Theile:

I. Auszüge aus den Arbeiten *Le Verrier*'s über das System der Planeten Mercur, Venus, Erde und Mars.

II. Sammlung von Beobachtungen, welche man auf die Existenz unbekannter subtellurischer Planeten zu beziehen geneigt sein könnte, und zwar:

a) Von den Wahrnehmungen eigenthümlich veränderlicher Flecke auf der Sonnenscheibe.

b) Von den desfälligen Wahrnehmungen ausserhalb der Sonnenscheibe mit besonderer Berücksichtigung der über einen angeblichen Venus-Mond aufgefundenen Nachrichten.

III. Von den Folgerungen aus den Beobachtungen.

Wegen dieser Anordnung erlaubt sich Referent das Nachstehende zu bemerken:

ad I. Die umfangreichen *Le Verrier*'schen Veröffentlichungen in den Annalen der Pariser Sternwarte und in den „Comptes Rendus" der Pariser Academie der Wissenschaften konnten und brauchten in einer populären Zeitschrift nur in nuce und in ihren hauptsächlichsten Endresultaten wiedergegeben zu werden.

Dem blossen Liebhaber müssen letztere genügen und der Astronom von Fach, der in der Lage ist, über jene schwierigen Gegenstände selbstständige Untersuchungen anzustellen, wird ohnehin wissen, woran er sich zu halten hat.

ad II. u. III. Bei der Sammlung der Beobachtungen und Nachrichten, wobei principmässig nur die der periodischen Sternschnuppen unberücksichtigt bleiben sollten, hat Referent (nach dem Beispiele des Herrn *Carrington)* geglaubt, hin und wieder auch solche Wahrnehmungen nicht unerwähnt lassen zu dürfen, die nach seiner Meinung, ihrem Charakter nach, in anderer Weise gedeutet werden müssen. Denn andere Leute können darüber eben eine andere Meinung haben! Bei dem Referate aus den Beobachtungen hat er sich zur Pflicht gemacht, auch die angegebenen Nebenumstände nicht auszulassen, weil durch letztere ein Maassstab für das Vertrauen gewonnen werden kann, mit welchem man die Sache aufnehmen will. Was den vorhin gebrauchten Ausdruck „subtellurische Planeten“ betrifft, so hätte derselbe vielleicht in die noch generellere Bezeichnung „submartialische Planeten“ verändert werden sollen, indem es darauf ankommt, mit möglichster Unbefangenheit und zunächst ohne jede Hypothese über den speciellen Sonnenabstand Beobachtungen von Körpern aufzusuchen, die sich innerhalb des durch die Marsbahn um die Sonne gebildeten Raumes bewegen mögen. Wenn jedoch die Mehrzahl der bisherigen derartigen Wahrnehmungen auf Vorübergänge von Körpern vor der Sonnenscheibe sich bezieht, so wird auch die gewählte, minder generelle Bezeichnung zu keinen Missdeutungen führen. Mag nun auch möglicherweise ein Theil jener Körper immerhin von der Mercurbahn eingeschlossen sein, so würde doch aus den vorangedeuteten Gründen die Bezeichnung „Intra-Mercurial-Planeten“ zu speciell und für einige der aufgefundenen Beobachtungen geradezu unrichtig sein, da, wenn sich aus denselben überall etwas herleiten lässt, nur folgt, dass die denselben angehörenden Objecte einen weit grösseren Sonnenabstand als der Mercur besitzen müssen. Aus diesen Gründen hat Referent namentlich geglaubt, auch die über einen angeblichen Venus-Mond vorhandenen Nachrichten in der gegenwärtigen Zusammenstellung mit berücksichtigen zu sollen. In der That möchte — falls man nicht sich dazu entschliessen will, alle jene Venus-Trabanten-

Wahrnehmungen ohne Unterschied als optisches Blendwerk zu condemniren — eine Combination dieser Wahrnehmungen mit den Sonnenpassagen dahin führen könne, diesem räthselhaften und hypothetischen Gegenstande eine neue Seite abzugewinnen. Referent hat bislang nichts darüber finden können, das zu derartigen Combinationen ein Versuch gemacht sei. Er hat deshalb in der 3ten Abtheilung dieses Aufsatzes einen solchen unternommen, der zwar sicher noch sehr viel zu wünschen übrig lässt, und den er nur der allernachsichtigsten Beurtheilung empfehlen kann, der aber doch vielleicht dann nicht als gänzlich verfehlt angesehen zu werden braucht, wenn ein Besitzer von besseren Hülfsmitteln und grösserer Geschicklichkeit durch Wiederholung der Rechnungen zu sichereren Resultaten gelangen sollte.

Erster Theil.

Auszüge aus den Publicationen *Le Verrier's* über das System der Planeten Mercur, Venus, Erde und Mars.

A. **Aus den Comptes Rendus. Sitzung der Akademie vom 12. Septbr. 1859** (p. 379 seqq.) **Brief des Herrn Le Verrier an Herrn Faye über die Theorie des Mercur und die Bewegung des Perihels dieses Planeten.**

Aus den seit 1697 bis 1848 *) beobachteten Passagen des Planeten Mercur vor der Sonne gehe hervor, dass man die bislang angenommene Säcularbewegung des Mercur-Perihels um 38″ ver-

*) Anmerkung d. Ref. In den Comptes Rendus Tome 54 Nr. 1. vom 6. Jan. 1862 bemerkt *Le Verrier*, indem er über die Beobachtung des Mercurdurchganges vom 12. November 1861 Rechenschaft giebt: „Zu Marseille habe nach den alten Tafeln die 2te innere Berührung stattfinden müssen um $9^h 37^m 40^s$, während Herr *Simon*, Director der Marseiller Sternwarte, den Mercur auf der Sonne noch $1^m 40^s$ später gesehen habe. Vergl. auch Nr. 1357 (pag. 208) der Astron. Nachr., wo Dr. *Wolfers* der nahen Übereinstimmung der beobachteten Momente jenes Mercurdurchganges mit den nach den *Le Verrier*'schen Tafeln berechneten gedenkt, und Nr. 1354 p. 160 die Beobachtung und Rechnung von *Oudemans*.

mehren müsse. Geschehe Letzteres, so sei alle wünschenswerthe Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung vorhanden. Diese Vermehrung sei allerdings dann erklärlich, wenn man sich dazu entschliessen wolle, die der Venus bislang zugeschriebene Masse um mindestens $\frac{1}{10}$ ihres Werthes zu vermehren. Diese letztere Vermehrung scheine aber um deswillen nicht zulässig, weil die störende Einwirkung der Venus sich auch bei der säcularen Änderung der Ekliptikschiefe bemerklich machen, und jene Annahme auf wenig wahrscheinliche und progressive Fehler in den seitherigen Beobachtungen der Solstizien hinweisen würde. Man werde hierdurch auf den Gedanken geführt, dass der Excess in der Mercur-Perihel-Bewegung einer anderen, noch unbekannten Wirkung zuzuschreiben sei, „cui theoriæ lumen nondum accesserit."

Wolle man zur Erklärung an einen Planeten zwischen Sonne und Mercur denken (der, — da keineswegs in der Bewegung des Knotens der Mercurbahn eine ähnliche Veränderung wie die beim Perihel bemerkt sei — in einer wenig gegen die Mercurbahn geneigten Ebene sich bewege) und von dem man, bei der Unbestimmtheit des Problems, selbst zulassen könne, dass die Bahn ein Kreis sei, so resultire zwischen seiner Masse und seinem Abstande von der Sonne eine solche Relation, dass in dem Verhältniss, worin man einen kleineren Abstand annehme, die Masse vermehrt werden müsse und umgekehrt. (Für einen Abstand von 0,17 würde die gesuchte Masse der der Erde genau gleich sein. Cf. Comptes Rendus v. 52 p. 1106 seq.) Die Annahme eines solchen Planeten habe aber deshalb wenig Wahrscheinliches, weil, wenn auch seine grösste Elongation vielleicht noch zu klein sei, um den Planeten unter gewöhnlichen Verhältnissen am Himmel zu sehen, man doch niemals bei totalen Sonnenfinsternissen von seinem lebhaften Lichte frappirt sei, und man ihn niemals während seiner Passagen vor der Sonnenscheibe erblickt habe.

Der Schluss lautet dann in der Übersetzung wörtlich wie folgt:

„Alle diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn man an Stelle eines einzigen Planeten, die Existenz einer Reihe von Körperchen annimmt, die zwischen Mercur und Sonne circuliren.

Unter dem mechanischen Gesichtspunkte würden die Wirkungen aller dieser Körper sich vereinigen, um die geforderte Bewegung des Mercurperihels hervorzubringen, und, — immer an-

genommen, dass sie sich in Kreisen bewegen — so würden sie keine Wirkung auf die Excentricität der Bahn dieses Planeten äussern. Da sie über alle Theile des Ringes, den sie bilden würden, vertheilt wären, so würden die periodischen Wirkungen, welche jeder von ihnen auf Mercur ausübte, sich unter einander zerstören.

Unter dem physischen Gesichtspunkte hätte es nichts Erstaunen Erregendes, wenn die der Sonne benachbarten Gegenden sich weniger rein fänden, als der Rest des Planeten-Systems. Wie zwischen Jupiter und Mars ein Ring kleiner Körper existirt, von denen nur die grössten in unsern Fernröhren bemerklich sind, — wie Alles uns zu dem Glauben führt, dass die Umgebungen der Erdbahn von unzählbaren Asteroiden-Gruppen durchfurcht sind; so ist der Gedanke natürlich, dass dieselbe Constitution sich reproduciren kann innerhalb der Merkurbahn. Möchten doch einige dieser Körper hinreichend gross sein, um während ihrer Passagen vor dem Sonnendiscus bemerklich zu werden.

Die Astronomen, welche bereits so aufmerksam auf alle Phänomene sind, die sich auf der Sonnenoberfläche manifestiren, werden ohne Zweifel in diesen Betrachtungen einen Beweggrund mehr finden, um aufmerksam die kleinsten und am besten begränzten Flecke zu verfolgen. Einige Augenblicke der Beobachtung werden nützlich angewendet sein, um ihre Natur durch die Beobachtung ihrer Bewegung abzuleiten.

Hier, lieber College, ist eine neue Verwickelung in den Umgebungen der Sonne, da wo Herr *Encke* *) uns bereits eine so wichtige hinsichtlich seines Cometen von kurzer Umlaufszeit gezeigt hat. Dies giebt mir die Hoffnung, dass Sie und er gern einige Aufmerksamkeit meinen Schlussfolgerungen widmen und sie mit dem Lichte der Discussion erleuchten wollen."

*) Anmerk. d. Ref. In dieser Beziehung kann man unter Anderem auch vergleichen: Die Schrift von *Julius Schmidt* „über das Zodiacallicht" pag. 98 seq. und die dort citirten Nummern der Astr. Nachr., sowie Astr. Nachr. Nr. 1206, 1295, 1314 und 1358, worin die Ausführungen von *Axel Möller* über die Bewegung des *Faye*'schen Cometen enthalten sind.

B. Aus den Comptes Rendus. Band 52, p. 1106. Sitzung der Akademie vom 3. Juni 1861. Ueber die Constitution des Planetensystems, Theorie und Tafeln des Mars. Schreiben Le Verrier's an den Marschall Vaillant.

Nach Feststellung der Massen der unteren Planeten habe man eine Theorie der Marsbewegung herstellen und diese sodann mit den seit 100 Jahren gemachten Meridianbeobachtungen vergleichen können. Um dahin zu gelangen, auf diese Weise alle Beobachtungen des Mars darzustellen, sei es erforderlich, die Perihelbewegung desselben zu vergrössern. Falls man diese Vergrösserung durch eine Änderung in den für die Planeten-Massen erhaltenen Werthen erreichen wolle, so würde dieselbe nicht aus einer Modification der Venus-Masse resultiren (denn diese habe nicht Einfluss genug auf die Marsbewegung), sondern allein durch eine Addition zu der Masse der Erde um $\frac{1}{10}$ des obigen (zu $\frac{1}{355000}$ der Sonnenmasse) angesetzten Werths. Auch die Theorie der Venus*) erfordere wegen der Zunahme der Breiten dieses Planeten eine Vergrösserung der Erdmasse um $\frac{1}{10}$. Inzwischen gebe diese Erdmassen-Vergrösserung keine Rechenschaft über die für die Bewegung des Merkurperihels nöthig gefundene Vermehrung, und da es nicht zulässig sei, die erhaltene Venusmasse zu vergrössern, so habe *Le Verrier* daraus auf die Existenz eines Ringes intramercurialer Massen geschlossen. Im Übrigen würde daraus, dass man die Erdmasse um $\frac{1}{10}$ vergrösserte, eine Schwierigkeit in Ansehung der Sonnenparallaxe sich ergeben. Man würde allen diesen Forderungen genügen, und alle Schwierigkeiten zum Verschwinden bringen durch die Annahme, dass die Asteroiden (periodische Sternschnuppen) welche sich der Beobachtung zufolge in derselben Distanz von der Sonne wie die Erde befinden, eine Totalmasse besässen $= \frac{1}{10}$ Erdmasse. Diese Asteroidengruppe würde die Bewegung des Marsperihels ganz so beschleunigen, wie es eine um $\frac{1}{10}$ grössere Erdmasse thun würde. Wenn diese Gruppe nahezu in der Ebene der Ekliptik liegt, so würde sie auf die Bewegung der Erdbahn dasselbe Resultat hervorbringen. Sie würde übrigens keinen Einfluss auf die periodischen Termen der Störungen von Venus und Mars hervorbringen. Endlich würde diejenige Beziehung

*) Anmerk. des Ref. Wegen des Knotens der Erdbahn in *Lindenau*'s Tafeln vergl. z. B. „*Encke:* Erddurchgang von 1861, p. 72 und 73, und von 1869, p. 104 und 105.

nicht alterirt werden, welche zwischen der Erdmasse, der Schwere und der Sonnenparallaxe existirt.

Dann heisst es wörtlich wie folgt:

Anfangs habe *Le Verrier* gehofft, dass es möglich sein würde, aus den periodischen Störungen des Mars die wirkliche Masse der Erde abzuleiten, sowie aus seinen säculären Störungen eine Belehrung über die Masse des Asteroiden-Ganzen zu erhalten, welches zwischen Mars und Jupiter vertheilt ist.

Der erste Theil dieses Versuchs sei nur halb geglückt (en raison de circonstances particulières aux observations). Es würde dadurch nur ein Grund zu dem Glauben gegeben sein, dass die Masse der Erde selbst keiner Vermehrung bedürfe. Jedenfalls begreife man, von welch hohem Interesse eine directe Bestimmung der Schnelligkeit des Lichtes sein würde, und folgeweise des Betrags der Sonnenparallaxe. Man würde solchergestalt eine delicate Frage abschneiden.

Was die Masse der kleinen, zwischen Jupiter und Mars befindlichen, Asteroiden betrifft, so sei es nicht mehr möglich, daraus diese Messung von dem Augenblicke an zu erhalten, wo man dahin geführt würde, die Gruppe derjenigen Asteroiden als wirksam zu betrachten, welche sich in einer der Erde gleichen Distanz von der Sonne befindet. Da man kein Mittel besitze, um die Action beider Gruppen zu trennen, so könne man ihren Massen lediglich obere Grenzen anweisen, indem man successive einer jeden dieser Gruppen den ganzen Excess der Perihelbewegung des Mars zuschreibe. Man finde so, dass die Total-Summe der, die kleinen in den mittleren Distanzen von 2,20 und 3,16 situirten Planeten constituirenden Materie nicht hinausgehen könne um ungefähr $\frac{1}{3}$ der Erdmasse.

Die Constitution des untern Theils unsers Planeten-Systems, wie sie aus der Discussion der Beobachtungen abgeleitet ist, liesse sich daher zasammenfassen, wie folgt:

1) Ausser den Planeten Mercur, Venus, Erde und Mars existirt zwischen Sonne und Mercur ein Asteroiden-Ring, dessen Ganzes eine Masse bildet, die der Mercurmasse selbst vergleichbar ist.

2) In dem Abstande der Erde von der Sonne findet sich ein 2ter Asteroiden-Ring, dessen Masse höchstens dem 10ten Theil der Erdmasse gleich ist.

3) Die Totalmasse der zwischen Mars und Jupiter befindlichen kleinen Planeten ist **höchstens** $\frac{1}{3}$ Erdmasse gleich.

4) Die Massen der beiden letzten Gruppen ergänzen sich gegenseitig; 10mal die Masse der Gruppe (von der Distanz der Erde) plus 3mal die Totalmasse der kleinen Planeten (zwischen Mars und Jupiter) bilden eine der Erdmasse gleiche Summe.

Diese letzte Schlussfolgerung hängt ab von der Messung der Distanz der Sonne zur Erde durch Beobachtung der Venus-Passagen — eine Messung, welche die Astronomen übereinstimmend für sehr genau halten.

C. Aus den Comptes Rendus. Band 54, p. 17, vom 6. Januar 1862. Ueber das System der Planeten Mercur, Venus, Erde, Mars, von Le Verrier.

In diesem (z. B. auch in den Monthly Notices of the Royal Astr. Society, Vol. XXII, Nr. 6 p. 257 seq. im Extracte wiedergegebenen) Memoire werden die in den beiden vorangegangenen Abhandlungen vom 12. Sept. 1859 und 3. Juni 1861 enthaltenen Ausführungen unter Beibringung mehreren Rechnungsmaterials noch weiter detaillirt.

Unter Anderem wird hervorgehoben, dass die Discussion der Säcularänderung des Mercurperihels auf eine Gleichung führe, wonach die Masse der Erde um die Hälfte des ihr beigelegten Werths vermehrt werden müsse, und da dies nicht zulässig sei, der grösste Theil jenes Excesses durch eine fremdartige Action erklärt werden müsse. Die ernsten Schwierigkeiten, welchen man in den Bewegungen der vier unteren Planeten begegne, liessen sich auf drei hauptsächliche zurückführen:

1) auf den Excess der Perihelbewegung des Mars,
2) „ „ „ „ Knotenbewegung der Venusbahn,
3) „ „ „ „ Perihelbewegung des Mercur.

Die beiden ersten Schwierigkeiten (also bei Mars und Venus) schienen aus derselben Quelle herzurühren, und die eine wie die andere auf die Nothwendigkeit einer Vermehrung der Erdmasse um $\frac{1}{10}$ hinzudeuten, was mithin anzeigen würde, dass die störende Ursache zwischen die beiden Planeten gestellt wäre, welche davon den Effect beweisen. — Unter den Einwendungen, welche es nicht zu gestatten schienen, mit der Erde selbst diese Supplementarmaterie zu verbinden, deren man bedürfe, um die Harmonie her-

zustellen, müsse man folgende hervorheben: Wenn man die Totalmasse von Erde und Mond um $\frac{1}{10}$ vermehre, so würde die Masse der Erde selbst in demselben Verhältniss zu vermehren sein, und es werde sodann die Relation, welche unter sich die Schwerkraft an der Erdoberfläche, die Masse unseres Planeten und die Sonnenparallaxe verbindet, nicht mehr auskommen, falls man nicht die Sonnenparallaxe*) um den 30sten Theil ihres Werthes vermehrte. **)

Dann folgen ähnliche Betrachtungen, wie in der oben sub *B.* extrahirten Abhandlung, wonach diese Schwierigkeiten verschwinden würden, wenn man die störende Masse unter einer beträchtlichen Anzahl von Asteroiden vertheile, sowohl solcher, welche zwischen Mars und Jupiter sich bewegen, als solcher, die sich in gleichem Sonnenabstande wie die Erde befinden, und deren Wirkungen rechnungsmässig nicht wohl von einander zu trennen seien. Der durch die Beobachtungen gegebene Betrag der jährlichen Marsperihelbewegung sei = 0″0235. Wolle man diesen ganzen Excess einem Ringe sehr kleiner, in der Distanz = 1 von der Sonne belegenen, Asteroiden zuschreiben, so werde die Massen-Summe dieser Asteroiden etwas grösser als die Marsmasse und dem Bruche 0,138 von der Erdmasse gleich sein. Wolle man jenen Excess aber lediglich der Asteroiden-Gruppe zwischen Mars und Jupiter zuschreiben, und dabei annehmen, dass deren Totalmasse der Erdmasse gleich sei, so werde eine solche Masse für das Marsperihel eine Bewegung von 0″074 hervorbringen. Dies sei ungefähr das Dreifache von 0″0235, und daher werde unter dieser Vorraussetzung die Totalmasse der Asteroiden etwa der 3te Theil der Erdmasse. Dieselben Betrachtungen würden sich auf die Prüfung der Schwierigkeiten anwenden lassen, welche die Bewegung des

*) Anmerk. des Ref. — In dieser Beziehung ist auch zu vergleichen die wichtige Abhandlung des Dr. *Winnecke* zu Pulkowa im Bulletin der Petersburger Akademie, welche den Titel führt: „Considérations concernant les observations méridiennes à faire pendant l'opposition prochaine (Octobre 1862) de Mars, dans le but de déterminer sa parallaxe", sowie Monthly Notices, Vol. XXII, Nr. 8, p. 281 seq. und Astr. Nachr. Nr. 1385 p. 262.

**) Nach einer Abhandl. von Hrn. Dr. *Winnecke* in No. 1409 der A. N. ist die frühere Sonnenparallaxe in der That zu klein und muss um noch mehr als den 30sten Theil ihres Werthes vermehrt werden. *P.*

Mercurperihels darbiete. Soviel stehe schon heutigen Tages fest, dass es nicht möglich sei, alle die über das System der 4 unteren Planeten angestellten Beobachtungen darzustellen, wenn man sich darauf beschränke, ihre gegenseitigen Actionen und die der Sonne in Rechnung zu nehmen. Man habe wenigstens die Schwierigkeiten erkannt, und dieselben in solche Grenzen eingeschlossen, dass die Auflösung nicht lange auf sich warten lassen werde, da die Astronomen jetzt wissen, wohin ihre Anstrengungen zu richten seien.

Lasse man die exceptionellen Facta bei Seite, so gelange man, unter Beibehaltung der Sonnenparallaxe = 8″58, schliesslich zu folgenden Massen:

Masse des Mercur $= m = \frac{1}{4348000}$;
„ der Venus $= m' = \frac{1}{412\,150}$;
„ „ Erde $= m'' = \frac{1}{354\,030}$;
„ des Mars $= m''' = \frac{1}{2\,968\,300}$.

Mit diesen verschiedenen Elementen sei *Le Verrier* dahin gelangt, Tafeln der Sonne, des Mercur, der Venus und des Mars zu construiren, welche alle seit einem Jahrhundert gemachten Beobachtungen darstellen, und von älteren Beobachtungen namentlich die der Passagen des Mercur vor der Sonne. Diese Tafeln seien sämmtlich für die Redaction des Nautical Almanac adoptirt.

Zweiter Theil.

Sammlung von Beobachtungen und Nachrichten, welche man auf die Existenz unbekannter subtellurischer Planeten zu beziehen geneigt sein könnte.

Erstes Capitel.

Von den Wahrnehmungen eigenthümlich veränderlicher Flecke auf der Sonnenscheibe.

A) Aus *v. Zach* Allgem. geographischen Ephemeriden für Mai 1798 p. 603 seq.

Zach sagt in einer Anmerkung zu einem Briefe von *Schröter* (in welchem von der bei der Venus-Conjunction von 1761 durch *Scheutten* gesehenen [angeblichen] Venus-Trabanten die Rede ist)

„Es verdienen vielleicht auch jetzt manche Erzählungen älterer Geschichtschreiber von Flecken der Sonne, welche sie für Planeten hielten, einige Aufmerksamkeit. Hatten diese Flecke etwa eine schnelle Bewegung, dass man sie für Planeten und nicht für Sonnenflecke hielt? Was konnten sie also wohl gewesen sein?“ *Lycosthenes* erzählt, dass man im Jahre 778 den 17. März den Planeten Mercur wie einen schwarzen Fleck durch die Sonne habe gehen sehen. — *Adelmus* in Vita Caroli magni setzt auf das Jahr 807 dieselbe Erscheinung: „Stella Mercurii 16 calend. April. visa est in sole quasi parva macula nigra.“ — *De la Lande* sagt in seiner Astronomie (Art. 2000): *Averrhoes* habe geglaubt, den Mercur in der Sonne zu sehen; es ist aber nicht *Averrhoes*, sondern ein arabischer Astronom Namens *Aven Rodan*, der im J. C. 1160 lebte, und den Mercur in der Sonne gesehen haben wollte. Allein es sei astronomisch erwiesen, dass dies weder Mercur noch Venus habe sein können, auch sei es unmöglich, den Mercur ohne Fernrohr in der Sonne zu sehen. „Was konnten also diese Flecke „gewesen sein? Wahrscheinlich Sonnenflecke. Warum gab man „sie aber für Planeten aus? Sah man sie vor der Sonnenscheibe „vorübergehen? Verweilten sie nur kurz, nur wenige Stunden auf „derselben? Darüber lassen uns die Chroniken in Zweifel.“

B) In der Abhandlung *Kepler*'s „Mercurius in sole“ (cf. Kepleri Opera omnia, edit. *Frisch.* Vol. II. pars 2. pag. 798 seq.) führt *Kepler* die Gründe an, nach welchen anzunehmen sei, dass das von einigen Schriftstellern in das Jahr 778 gesetzte (und von *Lycosthenes* sogar in das Jahr 1278 transformirte) Phänomen des „Einlaufens des Mercurs in die Sonnenscheibe“ durchaus nicht verschieden, sondern identisch sei mit dem von ihm *(Kepler)* in das Jahr 808 und von andern Schriftstellern in das Jahr 807 Gesetzten. „Id“, sagt *Kepler*, „dissensio non est, sed pulcherrimus consensus. Res tamen eget explicatione et doctrina temporum. Nam in eo cardo versatur, ut auctor hujus historiae annum vel a Paschate incipiat, vel a 25 Martii, cum *Lycosthenes* nobiscum illum a Calend. Januarii praecedentis incipiat. Sic enim idem dies 16 Cal. April. ab Annalibus refertur in finem anni 807, a *Lycosthene* et me in initium anni 808.“ Nach *Kepler* sind daher die Erscheinungen von 778, 807, 808 nicht 2 oder 3 successive Wahrnehmungen, sondern nur eine einzige. Jener Fleck ist nach *Kepler*

auch nicht 8 Tage hindurch (octo dies), sondern octoties d. h. 8 mal an einem Tage gesehen. Wegen Wolken ist aber Eintritt und Austritt nicht zu beobachten gewesen. Ein vollständiger Abdruck dieser (jetzt ohnehin so leicht zugänglichen) Abhandlung *Kepler*'s würde hier zu weit führen. Bei dem Referenten haben *Kepler*'s Argumente den Eindruck hinterlassen, dass damals kein eigentlicher Sonnenfleck mit freiem Auge sichtbar gewesen, sondern eher eine den Wahrnehmungen *Lichtenberg*'s, *Hoffmann*'s, *Ritter*'s etc. analoge Erscheinung. — Die eigene Beobachtung *Kepler*'s vom 18. Mai (alten Stils), 28. Mai (neuen Stils) 1607, die der Natur der Sache nach unmöglich auf Mercur bezogen werden kann, hat wegen des Datums (28. Mai), in Vergleich mit der Erscheinung vom 5./6. Juni 1761, immerhin ein besonderes Interesse. Es ist die Frage, ob nicht am Ende doch etwas Anderes als ein gewöhnlicher Sonnenfleck dahinter steckt?! (Tab. I. Fig. 1.)

Über diese *Kepler*'sche Beobachtung vom 18./28. Mai 1607 findet man Nr. 52 der Literatur bei *Wolf* pag. 118 notirt: In einem Anhange zu dem Berichte über den Cometen vom Jahre 1607 erzählt *Kepler:* „Montags den 18. oder 28. May Abends, zwo Stund „vor Untergang der Sonne, hab allhie zu Prag durch Nebel des „Sonnenscheins in finstern Gemächen den Planeten Mercurium in- „nerhalb des Gezirks der Sonnenkugel gesehen: dem Schein nach „unterhalb zur linken, das ware wie man das Gesicht umb- „gewendet und in die Sonne gehalten hätte, oberhalb und auch „zur linken: dessen ich von den Zuseheren Gezeugniss genom- „men und zu Zeugen habe. Hieraus offenbar, dass dem alten hi- „storienschreiber, welcher des grossen Keysers Carls Leben u. „Regierung und drinnen ein gleiches Einlaufen des Mercurs in die „Sonne auf den 17. Martis des 808. Jahrs Christi beschrieben, un- „gütlich geschehen, da man ihm eine Unwahrheit u. als hätte er „von unmöglichen dingen geschrieben zugemessen."

v. Zach erwähnt in den Ephemeriden für Mai 1798, dass *Fabricius* wegen dieser Behauptung *Kepler*'s über einen Durchgang des Mercur im Jahre 1607 diesen unseren grossen Meister und Lehrer angegriffen, und später *Kepler* selbst seine Behauptung widerrufen, und das Gesehene für einen gewöhnlichen Sonnenfleck erklärt habe. Wenn man die Abhandlung „Mercurius in sole" und die dabei in der griechischen Ausgabe befindliche Zeichnung auf-

merksam prüft, so bleibt doch der Zweifel, „ob es sich nicht um einen rasch beweglichen Fleck handelt," wegen der Aussage des *Mathias Seiffard* übrig. *Kepler* hat in einem verdunkelten Gemache durch ein rundes ¼ oder $\frac{1}{10}$ Zoll grosses Loch das Sonnenbild etwa 14 Fuss weit von der Öffnung auf ein Papier aufgefangen, und hat nebst 2 Zeugen den untern und linken Theil des so entstandenen Bildes (mit dem Gesichte nach dem Bilde gewandt) einen kleinen Punkt von gesättigter Schwärze nach dem Mittelpunkte der Sonne hin erblickt, der aber verwaschener und weniger präcis nach dem Rande hin „von der Grösse eines magern Flohs" gewesen ist. „Aberat tertia diametri parte plus minus ab extremo et proximo margine." Durch Verschiebung des Papiers hat *Kepler* sich überzeugt, dass der Fleck sich nicht etwa auf diesem befunden hat. In der dabei gezeichneten, den Sonnendiscus repräsentirenden Kreisfigur ist in einem Winkel-Abstande von 41° links von der untern Extremität des durch die Sonne gehenden Vertikals ein Fleck eingetragen, jedoch nicht um ⅓ Durchmesser vom Rande, sondern etwa auf die Hälfte des Radius. *Kepler* hat diese Wahrnehmung ungefähr 2 Stunden vor Sonnenuntergang gemacht, und zu Prag ging die Sonne am 28. Mai 1607 etwa $8^h\ 4^m$ unter. Berechnet man für 6^h den Winkel des Vertikals mit dem Breitenkreise der Sonne, trägt sodann die Ekliptik und den Sonnenäquator ein, und versetzt nun den Punkt — wie es wegen des an der Wand aufgefangenen Bildes erforderlich ist — von unten links in demselben Abstand oben und auch nach links, so fällt derselbe beinahe genau in die Ekliptik in eine kleine südliche heliographische Breite und somit an eine Stelle, welche von den eigentlichen Sonnenflecken regelmässig frequentirt wird. In dieser Beziehung ist also nichts Anomales, und obgleich die Verwaschenheit nach dem Rande und die schwarze Schärfe nach dem Mittelpunkte hin von *Kepler*, wie er sagt, nicht erklärt zu werden vermag, da seiner Meinung nach das Loch, durch welches die Sonnenstrahlen eingefallen, „bene circulare" gewesen sei —, möchte doch Alles dies nicht entscheidend sein. In der 2ten dabei befindlichen Figur ist der angebliche Mercur, d. h. der Fleck nicht oben nach links, sondern oben nach rechts gezeichnet, wo, wenn es die richtige Stelle wäre, eine heliographische Breite von etwa 25° herauskommen würde, also auch

noch nichts Ungewöhnliches. — Als die Beobachtung einige Zeit fortgesetzt worden, sind Wolken vor die dem Niedergange zuneigende Sonne getreten. Dass er selbst während der Beobachtungszeit eine Eigenbewegung des Fleckes bemerkt, davon sagt *Kepler* nichts, führt aber am Schlusse noch an, dass er beim Zuhausegehen bei der Wohnung des *Matthias Seiffard* vorübergegangen. Diesen „studiosum a Braheo relictum" hat *Kepler*, weil er eine Conjunction des Mercur vermuthet, zur fleissigen Beobachtung der Sonne angestellt gehabt. Die Stelle lautet wörtlich wie folgt: „Post solis occasum domum reversurus transivi apud Matthiam, quem speculatorem in dies quatuor constitueram, rogitans, num quid vidisset oculis in solem ipsum directis? Nihil inquiebat de quo certi quid haberet affirmare. Spectasse quidem circa tertiam horam et in extremo margine primo intuitu videri aliquid desiderasse, sed repetitis obtutibus tantam ibi claritatem abortam ut plane caecus factus, si quid etiam fuisset agniturus non fuerit. Cum de plaga marginis rogarem, **superiorem promto** respondit; id erat consentaneum iis, quae ipse videram. Nam quod est in radio infra in coelo est supra. Sed cum dextrum an sinistrum marginem juberetur prodere, valde haesitavit, et quod denique invenit excutiens memoriam, id contrarium videbatur iis quae ego vidi. Nam mihi macula vergebat ad sinistram schema inspicienti: debuit igitur in coelo similiter ad sinistram vergere coelum inspicienti, ipse ad dextram deflexisse opinabatur. Sed facile ex haesitatione apparuit memoriae lapsum intervenire potuisse. Ipse quippe majorem aliquam quantitatem maculae, quam erat ista, quaerendam et observandam ratus non valde curavit impressionem tam parvae maculae quam putavit esse visus defectum: neque de nostra observatione deque re ipsa scivit, ut diligentius circumspiceret circumstantiasque et plagam memoria retineret."

Auf diese Weise wird jeder Leser in den Stand gesetzt sein, sich über die Sache eine eigene Meinung zu bilden.

Was den von *Zach* erwähnten Widerruf *Kepler*'s betrifft, so ist derselbe enthalten in „Ephemerides novae motuum coelestium ab anno 1617. Authore *Joanne Kepplero*. Lincy Austriae, pag. 16, 17, 18 mit der Überschrift: Responsio ad interpellationes *D. Davidis Fabricii*, Astronomi Frisii, insertas Prognosticis suis annorum

1615, 1616, 1617.“ Hiernach hat *Kepler* später sich davon überzeugt, dass der von ihm gesehene Fleck der Planet Mercur nicht habe sein können, und glaubt nun an die Erscheinung eines eigentlichen Sonnenfleckes. Der Sohn des *Fabricius* könne übrigens nicht als der erste Entdecker der Sonnenflecke gelten, da schon vor 800 Jahren ein anderer Astronom solche erblickt habe, in der irrigen Meinung, den Mercur zu sehen. Es habe aber auch *Aven Rodan* zwei Flecke auf der Sonne gesehen (wie *Picus Mirandulanus* berichte) und habe, durch die Nähe des Tages getäuscht, geglaubt, den Mercur vor der Sonne zu sehen. Aus dem Mirandulan habe dies *Copernicus* abgeschrieben, aber dabei den Namen *Aven Rodan* in *Aven Rois* verändert, und hierdurch dem *Mästlin* eine vergebliche Arbeit verursacht, der die betreffende Stelle in den sämmtlichen Commentarien des *Averrois* aufgesucht habe. — Auch bei diesem Widerrufe ist das Criterium der Bewegung des Fleckes nach Richtung und Quantität nicht in die Betrachtung hineingezogen.

---

v. Zach Allgemeine geographische Ephemeriden, September-Heft 1798 pag. 260.

(Aus einem Schreiben vom Hofrath *Lichtenberg,* Göttingen, 6. Aug. 1798.)

Im Götting'schen Taschenbuche für 1787, das immer im Sommer vorher gedruckt werden muss, also vor bereits 12 Jahren, habe ich pag. 121 eine Nachricht von einer Beobachtung eines Freundes, wie es dort heisst, gegeben, die viele Ähnlichkeit mit der von *Dangos* hat, deren in den allgem. geograph. Ephemeriden März 1798 p. 371 gedacht wird. Ich setze die Stelle selbst nicht hierher, weil sie doch weiter nichts enthält, als was damals nach vielen Jahren in meinem Gedächtnisse noch von einer Erzählung übrig blieb, die ich nun die Ehre habe, hier vollständig vorzulegen. Dieser Freund ist mein Bruder, der jetzige herzogliche Legationsrath zu Gotha. Die Abschrift der Stelle aus dessen Tagebuch lautet:

„Als ich im Jahre 1762 den 19. Novemb. in Gesellschaft des Herrn *v. Pöllnitz,* jetzigen Hessen-Darmstädt'schen Oberamtmanns zu Reinheim, von Emskirchen, der letzten Poststation von Würz-

burg nach Erlangen, *) Morgens früh bei strenger Kälte und starkem Dufte nach Erlangen reiste, wurden wir gleich beim Aufgange der Sonne von dem Bedienten benachrichtigt, dass sich etwas in der Sonne zeige. Wir verschafften uns sogleich eine freie Aussicht aus dem Wagen, so dass wir nun die Sonne, die noch nicht ganz über den Horizont hervorgekommen war und blutroth, auch wie gewöhnlich sehr vergrössert erschien, gerade vor uns hatten. Da wir sie wegen des starken Duftes ebenso frei und bequem, wie den aufgehenden Mond mit blossen Augen beobachten konnten, so bemerkte ich zu meiner nicht geringen Verwunderung einen etwas unter dem Mittelpunkte gegen den nördlichen Rand hin befindlichen schwarzen und schön gerundeten Fleck, dessen Durchmesser (so giebt es die von meinem Bruder beigefügte, nach einem guten Augenmaasse entworfene Zeichnung) wohl mehr als $\frac{1}{12}$ des Sonnendurchmessers betragen mochte. Die vollkommen runde Gestalt und der völlig reine Ausschnitt liessen auch beim ersten Anblick schon etwas Anderes als einen gemeinen Sonnenfleck von seltener Grösse vermuthen. Es dauerte auch nicht lange, so sah ich deutlich, dass ich mich in meiner Meinung nicht geirrt hatte, denn der Körper hatte seine Stelle merklich verändert. Wir beschleunigten nunmehr unsere Reise nach äusserster Möglichkeit, um noch vor dem Austritte in Erlangen einzutreffen. Es war mir daran gelegen, theils uns bequemere Werkzeuge, als durchstochenes Papier, dessen wir uns, da die Sonne höher kam, bedienen mussten, zum Beobachten zu verschaffen, theils einen Mann zu finden, der diese neue Erscheinung durch eigene Beobachtung bestätigen sollte, und auf dessen Zeugniss ich mich öffentlich berufen könnte. Der Körper hatte sich dem südlichen Rande und zwar, wie es mir schien, in einer aufsteigenden Richtung, sehr genähert, als ich meine Beobachtungen aus Besorgniss für meine nicht genug gesicherten Augen einstellen musste.

Wir langten endlich in Erlangen an, und ich begab mich ohne den mindesten Zeitverlust zum Professor *Arnold*, der zwar in wenigen Augenblicken Anstalt zur Beobachtung machte, allein der

*) Anmerk. des Refer. Also etwa in 28° 34′ östl. Länge von Ferro und 49° 35′ Polhöhe.

Körper war ausgetreten, und die Sonne erschien rund und ohne Flecken."

So weit meines Bruders Bericht. Er bedauert noch jetzt, so wenig Rücksicht auf die Zeit genommen zu haben. Indessen entschuldigt die Lage, worin sich die Observatoren befanden, und ihre Hoffnung, bald ein Observatorium oder wenigstens schickliche Instrumente zu erreichen, einigermassen dies Versehen. Indessen erhellt aus einigen Angaben, verglichen mit der Zeichnung, dass der Körper ungefähr eine Chorde von 70° vor der Sonnenscheibe durchlaufen, und dazu etwa 3 Stunden Zeit gebraucht habe. Die Richtung war vom nördlichen Rande gegen den südlichen.

Diesem füge ich noch folgenden Auszug aus einem Schreiben des herzogl. Sachsen-Gotha'schen Forst-Commissairs *Hofmann* in Georgenthal unweit Gotha, datirt 20. Jan. 1795, hinzu. Dieser Mann hatte nämlich etwas Ähnliches gesehen und ertheilte auf geschehene Nachfrage folgenden Bericht: „Anno 1764 den 1. bis 5. Mai — den eigentlichen Tag weiss ich nicht genau mehr anzugeben — als ich auf dem Anstande nach Wildpret war, und die Sonne bei ganz heiterem Himmel über den Horizont heraufstieg, sah ich bei Betrachtung dieses majestätischen Gestirns, dass vor der Sonnenscheibe ein ganz schwarzer runder Körper, der ungefähr $\frac{1}{15}$ des Sonnendiameters betragen konnte, von Norden nach Mittag, etwas unter dem Mittelpunkte in einer sich wenig neigenden Richtung, sich langsam vorüberbewegte. Weder vorher noch nachher habe ich je so etwas bemerkt. Diese Erscheinung fiel mir sehr auf, und ich beobachtete sie daher genau und gerieth nachher auf den Gedanken, ob es nicht in unserem Sonnensystem Körper geben könne, die die Sonnenstrahlen einsaugen und nicht wieder zurückwerfen, daher dann diese Körper nicht anders als vor der Sonnenscheibe gesehen werden können."

Von Herrn Dr. *Ritter,* Lehrer der höheren Mechanik an der polytechnischen Schule zu Hannover, erfuhr Referent gesprächsweise, dass er bei einer im Jahre 1855 in Begleitung des Herrn *Schmidt*, (späteren Directors der Sternwarte zu Athen) nach Italien gemachten Reise, kurze Zeit vor Sonnenuntergang ebenfalls

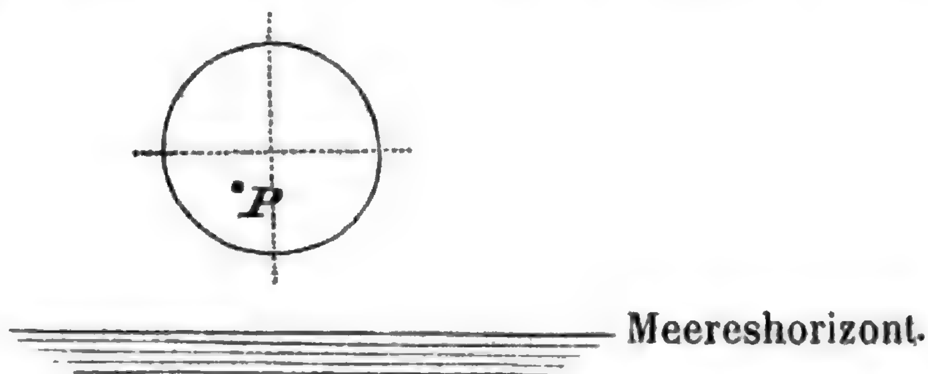
einen schwarzen Körper vor der Sonnenscheibe ohne Fernrohr und mit freiem Auge habe vorübergehen sehen; diese Beobachtung sei von ihnen auch alsbald Herrn Dr. *Klinkerfues* zu Göttingen mitgetheilt. Referent ersuchte den Herrn Dr. *Ritter*, ihm das Nähere aufzuschreiben, und wurde im Mai 1862 mit folgender Zuschrift beehrt:

Beobachtung eines dunklen kreisförmigen Körpers vor der Sonnenscheibe.

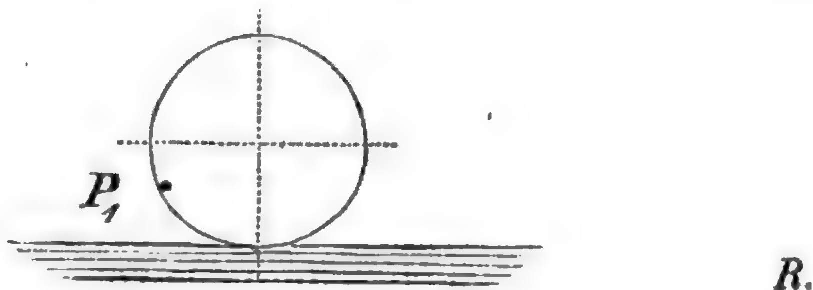
Ort und Zeit der Beobachtung lassen sich annähernd aus folgenden Angaben ermitteln:

Abfahrt von Porto d'Anzo (pr. Dampfschiff nach Neapel) am 11. Juni 1855 Abends $5^h\,30^m$.

Zu Anfang der Beobachtung hatte die Sonnenscheibe mit dem vor derselben befindlichen Körper etwa folgende Stellung zum Horizont (nach dem Gedächtniss skizzirt, da die Original-Skizze nicht aufzufinden):



P bezeichnet die Stellung des dunklen Körpers im ersten Augenblick der Wahrnehmung. Derselbe bewegte sich in horizontaler Richtung von rechts nach links, und hatte im Augenblicke seines Austritts bei P_1 die Sonnenscheibe ungefähr die nachstehende Lage:



R.

Beobachtungen des Pastors *Fritsch* zu Quedlinburg.

Fritsch, bis 1804 Prediger zu St. Aegidii in Quedlinburg, dann Oberprediger an der St. Benedicti-Kirche daselbst, seit 1823 Superintendent, war ein sehr eifriger Beobachter des Himmels, wie zahl-

reiche Aufsätze desselben in den *Bode*'schen Jahrbüchern, sowie in der *Zach*'schen M. C. beweisen.

Folgendes geht aus Briefen an *Bode* in dessen Jahrbüchern pro 1805 p. 238 seq. und pro 1806 pag. 181 seq. hervor.

Er setzt den Abstand seiner Wohnung vom Schlosse zu Quedlinburg = 1200 rheinländ. Decimalfuss oder zu 24", und giebt seiner Wohnung Polhöhe = 51° 47′ 55", Länge von Ferro = 28° 48′ 24" aus Jupiterstrabanten-Verfinsterungen. (In *Harding*'s kl. Ephem. ist gesetzt: Quedlinburg = 51° 47′ 58" und 28° 47′ 30").

Das Fernrohr, womit er beobachtet, ist ein 2½ füss. *Ramsden*'scher Achromat gewesen, in dessen Brennpunkt ein Haarfaden aufgezogen gewesen, und dessen Feld als Kreismicrometer (pag. 246 am Ende) gedient hat.

Fritsch sagt in einem der späteren *Bode*'schen Jahrbücher noch darüber, dass er bei einem Besuche auf der Göttinger Sternwarte unter den dortigen Achromaten keinen, den 10 füssigen Dollond nicht ausgenommen, gefunden habe, der die Sonnenflecke so gut und präcise gezeigt habe, wie sein Ramsden.

Die bei den zu referirenden Beobachtungen angegebenen Zeiten sind wahrscheinlich als in wahrer Sonnenzeit gegeben zu betrachten, denn in einem Schreiben an *Bode* vom 2. Novbr. 1802 sagt *F.*: „Meine Uhren gehen jetzt nach mittlerer Zeit und werden theils nach einer möglichst genau entworfenen Mittagslinie mit der Sonnenzeit, theils mit Sternzeit verglichen.

In dem Aufsatze pro 1805 p. 238 (unterm 3. Juli 1802 an *Bode* eingesandt) heisst es, nachdem von den Bewegungen der Flecke in Beziehung auf den Sonnen-Aequator die Rede gewesen, und eine Classification der Flecke gemacht ist, pag. 240 wörtlich, wie folgt:

„Unter den auffallend schnellen Bewegungen kleiner Flecken „zeichne ich besonders zwei aus. Die eine vom 29. März 1800, „wo ein kleiner schwarzer und fast ganz nebelfreier Flecken sich „um 10^h Morgens in einer Entfernung vom westlichen Sonnenrande „zu 28′ 30", um 1^h Mittags 19′ 30", und um 4^h Nachmittags 10′ 15" „zeigte, und ganz dem Aequator parallel fortrückte. Einen anderen kleinen der Art beobachtete ich am 27. Febr. 1802, an demselben Tage, wo ich mich von dem Dasein der Ceres überzeugte. „Er befand sich Mittags um 11^h 30^m östlich von einem grösseren

„15", um $11^h 45^m$ bereits 1' 45" nordwestlich und um 12^h, 9' 15" „in einer nordwestlichen immer schneller werdenden „Bewegung. Um 1^h war er gar nicht mehr zu sehen."

„Endlich habe ich mehre Flecken wahrgenommen, welche „nach kurzer Zeit verschwanden, und von denen sich nicht be-„stimmen lässt, ob sie sich schell über die ganze Sonnenober-„fläche hin bewegt haben, oder ob sie auf der Stelle, wo sie sich „befanden, bald und plötzlich verschwunden sind. Schon am „17. April 1798, am 5. Juni, am 24. Octb., am 25. März „1799 u. a. m. habe ich Flecken, die ich den Tag, oder auch „nur wenige Stunden vorher beobachtet, nicht mehr finden „können." *)

„Dass die Bewegungen in der Sonnen-Atmosphäre oft sehr „rasch geschehen, bestätigen die Beobachtungen, indessen sind „die Flecken darin sehr ungleich. Ich berechnete einige, welche „in einer halben Stunde 1690, 1720, 2050 Meilen u. s. w. sich „fortbewegten. Aber der Flecken vom 29. März 1800 „hatte sich in einer halben Stunde gar 101833 Meilen „von seiner vorigen Stelle entfernt, und der andere vom „24. Mai 1802 (soll offenbar heissen 27. Februar 1802) hatte in „einer Viertelstunde schon den 4ten Theil des Son-„nendiscus durchlaufen."

„In der Nähe des Aequators scheint die Atmosphäre am un-„ruhigsten zu sein und die mehrsten Erschütterungen zu erleiden. „Daher auch im Aequatorealgürtel nicht nur die häufigsten Son-„nenflecken gefunden werden, sondern diese auch hier ihre stärk-„ste eigenthümliche Bewegung haben. Denn der Flecken vom „29. März lief in einem nördlichen Abstande von 45" „vom Aequator, und der vom 27. Febr. 1802 stieg von

*) Anmerk. des Ref. Bei diesen Angaben bleibt es also zweifelhaft, ob und bei welcher derselben der Tag vorher, als der der eigentlichen Wahrnehmung anzusetzen ist. Auch liegt in der Aufzählungsweise (Juni, October, März) jedenfalls ein Anachronismus, und deshalb der fernere Zweifel vor, ob der 5. Juni und respect. 24. Octbr. nicht dem Jahre 1798 angehören sollen. Die Stelle ist übrigens ganz wörtlich aus pag. 243 des *Bode*'schen Jahrbuchs pro 1805, und unter Beibehaltung der Interpunction extrahirt. Viele in den späteren Bänden gegebene Druckfehler-Verzeichnisse sind vom Refer. zur Hebung des Zweifels vergeblich durchgesehen.

„1° südlich bis zu 11° nördlicher Abweichung schräge „von Südost nach Nordwest hin auf. Bei Flecken, die „mehr als 20° südlich oder nördlich vom Aequator waren, habe „ich gar keine eigene Bewegung mehr wahrgenommen, desto „häufiger fand ich sie bei denen, die 10° südliche oder nördliche „Abweichung hatten."

Zu dem ganzen Schreiben bemerkt dann noch *Bode* p. 245 in einer Note: „Der Herr Verfasser hat die in diesem Aufsatze angegebenen Entfernungen und Unterschiede vermittelst des Antretens der Sonnenränder und Flecken an einem im Brennpunkte seines 2½ füssigen *Ramsden*'schen Fernrohrs aufgestellten Haarfaden beobachtet und berechnet."

Sodann heisst es im Jahrb. pro 1806 p. 183 in einem Schreiben vom 2. Nov. 1802 wörtlich, wie folgt: „Ihre (d. h. *Bode*'s) „Gedanken, dass Herr *Dangos* nur ein Meteor beobachtet habe „(i. J. 1801 p. 229) finde ich sehr wahrscheinlich — ich glaube, „dass es mit meinen so schnell vorübergegangenen Sonnenflecken „dieselbe Bewandtniss gehabt haben mag. Am 10. Oct. (1802) „war ich im Begriff, wieder eine solche Beobachtung zu machen. „Der Himmel war etwas ungünstig. Ein kleiner runder Fleck „zeigte sich auf der Sonne, und da ich ihn mit mehren der Rect- „ascension nach verglichen hatte und diese Beobachtung nach 3 „Minuten wiederholen wollte, war er schon 2 Min. in der Rect- „ascension vorgerückt. Die zunehmenden Wolken liessen „mich kaum diese Beobachtung vollenden; als ich nach 4 Stunden „bei wieder erheitertem Himmel die Sonne wieder beschaute, war „er nicht mehr vorhanden. Überhaupt habe ich seit Kurzem über „das schnelle Verschwinden und Entstehen ganzer Fleckenreihen „wieder einige interessante Erfahrungen gemacht. Sonderbar „ist das, dass einige Flecken etwas weiteres Herein- „rücken oder einiges weitere Herausrücken der Ocu- „larröhre erfordern. Ich hoffe noch manches Interessante „in dieser Hinsicht zu bemerken, da ich täglich, wenn es hell ist, „und wo möglich nahe am Mittage, die Sonne beobachte."

Da Referent die *Fritsch*'schen Beobachtungen vom 28./29. März 1800 und 27. Febr. 1802 weder in den *Wolf*'schen Mittheilungen über die Sonnenflecke, noch in den interessanten Zusam-

menstellungen fand, die *Carrington* in Vol. XX. der M. N. gegeben, so erlaubte er sich, solche brieflich beiden Herren mitzutheilen. Herr Prof. *Wolf* erwiderte ihm auch auf das desfällige Schreiben vom 3. Mai 1860 unterm 13. Mai 1860, dass ihm sowohl die Beobachtung von 1800 März 29, als auch die von 1802 Febr. 27, beide neu seien, und er für die Mittheilung danke. Herr Prof. *Wolf* bemerkte auch noch, dass, als er vor einigen Jahren behufs seiner Sonnenflecken-Register die *Bode*'schen Jahrbücher durchgegangen, er natürlich Angaben über Durchgänge noch nicht so beachtet, wie er es jetzt thun würde, und sich daher, wie es scheine, nicht alle herausgeschrieben habe. Refer. nahm daher auch Gelegenheit, bei seiner am 5. Juni 1860 publicirten Broschüre*) über die Sonnenfinsterniss, mit genauer Angabe der Quelle, die *Fritsch*'sche Observation von 1800 März 29 zu citiren. Als ihm sodann von Herrn *Radau* in Paris unterm 3. März 1861 bei gütiger Übersendung dessen Schrift „Les planètes au-delà de Mercure“ gemeldet wurde, dass diesem geehrten Herrn weder die Berliner Astr. Jahrbücher aus *Bode*'s Zeit, noch die früheren Bände der A. N. zu Paris zugänglich seien, beeilte er sich, alles Obige von *Fritsch* eben so vollständig zu extrahiren und demselben zu übersenden, wie es hier gegeben.

Referent hoffte auf diese Weise eine Berechnung der Beobachtung von 1800 März 29 zu provociren, die, wenn sie auf einen Planeten zu beziehen war, wohl keinenfalls bei der langen, über 9 Stunden in Anspruch nehmenden Dauer des Durchganges einem Intra-Mercurial-Planeten angehören konnte, sondern dann einen Körper andeutete, dessen Abstand, wenigstens in dieser Position, bei weitem die Venusdistanz übertraf.

Als ihm jedoch über eine solche Rechnung später nichts bekannt wurde, so beschloss er, selbst eine solche zu versuchen. Da es ihm zu diesem Zwecke wünschenswerth erschien, wo möglich noch mehr Details über jene Beobachtung, die Art ihrer Reduction durch den Beobachter etc. zu erhalten, so schrieb derselbe — nachdem er durch Vermittelung einer wohllöblichen Po-

*) Die Sonnenfinsterniss, populär beschrieben, nebst erläuternden Angaben für die totale Finsterniss am 18. Juli 1860, von *C. Haase*, Kön. Hannov. Kriegsrath. Hannover, Hahn'sche Hofbuchhandlung.

lizeibehörde zu Quedlinburg erfahren, welche Verwandten des Pastors *Fritsch* noch existirten, — dieserhalb an die Frau Subrectorin *Kallenbach* (Nichte des Pastors *F.*). Aus der Erwiderung dieser geehrten Dame vom 22. April 1862 geht hervor, dass nach dem Tode des Pastor *F.* dessen Papiere, wobei auch sämmtliche Tagebücher gewesen, von ihm selbst geordnet seien, dass aber später die verwittwete Superintendentin *Fritsch* ihren Aufenthalt geändert. Bei einer nachherigen Durchsicht dieser Papiere, behufs einer neuen Auflage der Predigten, habe man den astronomischen Sachen anscheinend weniger Pietät geschenkt, und sie selbst habe davon nur einige Überreste wiedergesehen. Man könne also sagen, dass nichts mehr vorhanden sei, was bereits vor einiger Zeit auf eine ähnliche Anfrage, die von Zürich ausgegangen, habe erwidert werden müssen.

Diese Rechnung folgt im 3ten Abschnitt. Wegen der Vergleichung der *Fritsch*'schen Beobachtungen mit denen von *Flaugergues* ist unten noch Einiges bemerkt.

Die Beobachtung von *Dangos*.

Im *Bode*'schen Astronom. Jahrbuche pro 1804 pag. 185 seq. heisst es wörtlich wie folgt:

Genauere Nachricht über den von Herrn *Dangos* zu Tarbes im südlichen Frankreich am 18. Januar 1798 vor der Sonne beobachteten beweglichen Fleck, *) von Herrn *Méchain* mitgetheilt.

Sie werden sich wohl noch erinnern, dass Herr *de la Lande* im Jahre 1798 öffentlich bekannt machte, Herr *Dangos*, ein sehr geschickter und längst bekannter Astronom zu Tarbes, habe einen Cometen vor der Sonnenscheibe vorbei gehen sehen. Ich wünschte hierüber etwas Näheres und Gewisseres zu erfahren und schrieb daher an meinen Freund *Dangos*, auf dessen Bereitwilligkeit ich sehr rechnen konnte. Er hatte hierauf die Güte, mir Folgendes zu melden, welches ich Ihnen für Ihr astronomisches Jahrbuch, Wort für Wort, mitzutheilen, das Vergnügen habe. Auch Herr *Dangos* wird die Bekanntmachung dieser merkwürdigen Beobachtung in Ihrem Jahrbuch sehr gern sehen.

*) S. astron. Jahrbuch 1801 Seite 227 u. folg.

— — „Ich hatte bereits während verschiedener Tage des vorigen „Monats (Decbr. 1797) eine grosse neblichte Stelle, die auf der „Sonnenscheibe sich zeigte, verfolgt. Sie war sehr schwach und „verschwand verschiedenemal, bis sie endlich den Sonnenrand „den 16. December 1797 erreichte, wo sie einen sehr merklichen „Ausschnitt zu formiren schien. Die Luft war an diesem Tage „sehr rein. Das *Saussur*'sche Hygrometer zeigte 58°. Ich be„obachtete mit einem achromatischen Fernrohr, von dreifachem „Objectiv, 42 Zoll Foc.-Länge und 41 Linien Oeffnung. Wir hatten „in den übrigen Tagen des Decembers und zum Theil noch in der „ersten Hälfte des folgenden Januars, fast beständig trübes Wetter, „und ich konnte kaum die Sonne beobachten. Allein den 15. und „17. Januar 1798 beobachtete ich sie gegen 2 Uhr Nachmittags und „bemerkte keinen einzigen Fleck. Den 18. aber, gegen $1\frac{3}{4}$ Uhr, „fand ich, da der Himmel vollkommen heiter war, mit vieler Ver„änderung *) einen kleinen Fleck in dem westlichen Theile der „Sonne ungefähr auf halbem Wege zwischen dem Mittelpunkt und „Rand, er erschien sehr dunkel, rund und vollkommen scharf „begrenzt. Da ich die Sonne den 15. und 17. mit vieler Aufmerk„samkeit beobachtet, so würde ich diesen Fleck gewiss erkannt „haben, wenn er damals vorhanden gewesen wäre. Unterdessen „glaubte ich doch, dass er vielleicht meiner Aufmerksamkeit ent„gangen sei, und hielt ihn daher für einen gewöhnlichen Sonnen„fleck. Allein wie wurde ich überrascht, als ich mein Auge „wieder an ein Fernrohr brachte und sogleich entdeckte, dass „dieser Fleck sich merklich dem Sonnenrand genähert und nur „noch, es war $1^h 58^m$, etwa um den vierten Theil des Halbmessers, „wie ich schätzte, vom Sonnenrand entfernt war. Ich beobachtete „ihn nun aufs neue und zwar mit dem nämlichen achromatischen „Fernrohr, 35 mal ungefähr vergrössernd, womit ich ihn entdeckt „hatte. Die Richtung seines Weges schien mir senkrecht gegen „den Vertikal-Durchmesser der Sonne zu sein. Endlich, um $2^h 6^m$, „sah ich, dass die Berührung der Ränder bald statthaben würde. „Um $2^h 7^m 12^s 5$ verschwand der Lichtfaden zwischen den Rändern „der Sonne und des Flecks wie ein Blitz und um $2^h 8^m 48^s$ be„obachtete ich die letzte Berührung der Ränder beim Austritt,

*) Anmerk. des Ref. Was mag hier durch die Worte „mit vieler Veränderung" bezeichnet sein sollen??

„obgleich mit weniger Genauigkeit. Wenn ich den Körper in die „Mitte des Feldes vom Fernrohr brachte, schien er mir allemal „eine etwas elliptische Gestalt zu haben. Sollte dieser, durch „zwei Fernröhre, während länger als 20 Minuten beobachtete Kör- „per, der eine runde Gestalt hatte und eine eigene Bewegung zeigte, „nicht unter die Cometen gesetzt werden können? Oder war es „etwa ein unterer Planet, den wir noch nicht kennen? Man weiss, „wie lange Mercur selbst den Astronomen unbekannt war. *Co-* „*pernicus* starb, ohne ihn gesehen zu haben. Ich will diese Be- „trachtungen nicht weiter fortsetzen und lieber folgende Beobach- „tung erzählen, die, weiss ich auch eigentlich nicht mehr genau „die Zeit, da ich sie machte, doch deswegen nicht weniger gewiss „ist. Als ich in den Monaten März oder April des Jahres 1784 „eines Tages Sonnenhöhen nahm, fiel mir, seiner runden Gestalt „und Dunkelheit wegen, ein Fleck auf der Sonnenscheibe sehr auf, „als ich aber Nachmittags correspondirende Sonnenhöhen beobach- „tete, war dieser Fleck auf der Sonne nicht mehr vorhanden, und „ich erinnerte mich damals nicht mehr, ob ich ihn noch des Mittags „am Passagen-Instrument gesehen hatte. Endlich könnte ich noch „bemerken, dass man oft in den Memoiren der Academie die „Nachricht findet, dass ein Fleck verschwunden sei, ehe er in die „entgegenstehende Halbkugel der Sonne rückte."

*) Anmerkung von *Bode*. „Zur Zeit dieser Beobachtung war zu Tarbes der parallactische Winkel etwa 19° vom Vertikalkreis westlich und an diesem Tage der Winkel der Ekliptik mit dem Meridian 78° östlich. Der beobachtete bewegliche Fleck durchwanderte, in rückwärts gehender Bewegung, den westlichen Theil der Sonnenscheibe und beiläufig senkrecht gegen den Vertikalkreis der Sonne, woraus zufolge der damaligen Lage der Ekliptik sich ergiebt, dass er sich nordwärts von der Ekliptik entfernte. Herr *Dangos* bemerkt nicht, ob der Fleck sich im obern oder untern Theil der westlichen Seite der Sonne zeigte, es lässt sich daher vermuthen, dass er ihn um die Mitte derselben sah, demnach musste er den ☊ seiner Bahn schon zurück gelegt haben. Er durchlief den 4ten Theil des Sonnen-Durchmessers in 28 Minuten, also die ganze Sonnenscheibe in etwa $1^h 56^m$, angenommen, dass er den Durchmesser derselben beschrieb. Wäre nun dieser bewegliche Fleck ein unterer Planet, so musste er der Sonne noch näher als 0,025 stehen, denn bei diesem geringen Abstande würde er doch noch zwei Stunden gebraucht haben, um mit seiner relativen Bewegung den Durchmesser der Sonne zurückzulegen. Hiernach schien es kein unterer Planet

Die Stadt Tarbes liegt nach *Méchain*'s Mittheilung unter 43° 13′ 52″ der Breite und $9^m 4^s$ in Zeit westlich vom Meridian der Pariser Sternwarte. Nach *Arago* kommt auf Tarbes (Carmeliterkloster) $0^h 9^m 1^s$ westlich von Paris, Breite +43° 13′ 58″.

Was den Ritter *Dangos* anbetrifft, so scheint man ihn schon seit langer Zeit für wenig zuverlässig gehalten zu haben. Schon in *Zach*'s geographischen Ephemeriden, Band 3. p. 593, heisst es von ihm: „Die Beobachtungen, welche *Dangos* hier (in Malta) an„stellte, sollen aber, als er sie dem Drucke übergeben wollte, in „Rauch aufgegangen sein. Ob sie, wie verlauten will, vielleicht „nie mehr als blauer Dunst gewesen sind, mögen die Astronomen „entscheiden.“ Ein Aufsatz, worin *Encke* zu beweisen sucht, dass die Örter, welche *Dangos* als Beobachtungen eines von ihm am 11. April 1784 entdeckten Cometen gegeben hat, nicht beobachtet, sondern aus willkürlich angenommenen Bahn-Elementen, unter Begehung grober Versehen, berechnet worden, findet sich in *Zach*'s Correspondance astronomique, Tome IV. p. 456 seq.

Was daher von den obigen Angaben zu halten, darüber lässt sich a priori wohl nicht urtheilen. Unbemerkt will Referent aber Folgendes nicht lassen. Im fünften Bande (pag. 159) des Briefwechsels zwischen *Gauss* und *Schumacher* schreibt *Gauss* unterm 13. Nov. 1846 an *Schumacher*: „Seit langer Zeit habe ich vielfäl„tig erfahren, dass bei brieflichen Discussionen über Streitfragen „selten etwas herauskommt etc. Eine mir unvergessliche Aus„nahme machte unser *Olbers* etc. „Den Fall von *Dangos*'

zu sein. Da die Cometen in gleichem Abstande von der Sonne sich schon schneller als die Erde bewegen, so musste dies um so mehr bei einem der Sonne noch näheren Cometen der Fall sein, und diesemnach konnte wohl dieser Fleck ein Comet, der zwischen uns und der Sonne hindurch ging, sein; allein es ist unerklärbar, warum er nicht als Comet einen Nebel oder Dunst um sich zeigte, da bekanntlich die Cometen in der Nachbarschaft der Sonne beständig am stärksten in Nebel und Dünsten eingehüllt erscheinen. Ich glaube aus diesen Gründen, dass meine im Jahrb. 1801 S. 229 geäusserten Gedanken nicht ganz zu verwerfen sind.“

NB. Diese loco citat. geäusserten Gedanken von *Bode* gehen dahin, dass, falls es ein Comet gewesen, es keiner der bis dahin bekannten und berechneten habe sein können, und dass es sich dabei vielleicht um ein Meteor, das sich in den höchsten Regionen der Atmosphäre bewegt hätte, gehandelt habe.

„„Betrug abgerechnet, den *Olbers* als durch *Encke* „„**erwiesen** ansah, ich nur wie zu einem gewissen Grade „„von Wahrscheinlichkeit gebracht, **weit** entfernt von „„Gewissheit."" Sodann die Beobachtung von 1784 anlangend, so setzt *Dangos* sie ausdrücklich in den März oder April, und dies sind gerade Zeitpunkte, wo in späteren Jahren von anderen Beobachtern Ähnliches gesehen worden. Sodann die Beobachtung vom 18. Januar 1798 anlangend, so heisst es darin: „wenn ich den Körper in die Mitte des Gesichtsfeldes brachte, schien er mir allemal eine etwas elliptische Gestalt zu haben." Es ist eigenthümlich, dass auch *Lofft* von dem am 6. Januar 1818 vor der Sonne von ihm wahrgenommenen Körper sagt, dass derselbe „sub-elliptic" also „etwas elliptisch" gewesen sei. Auch kann noch erwähnt werden, dass *Flaugergues* (Connaissance des Temps pour 1803 et 1804) am 17. Januar 1800, also 2 Jahre später, zwei kleine Flecke auf der Sonne sah, am folgenden Tage aber schon nicht mehr. Die darauf bezügliche Stelle in der Connaissance des Temps pour l'an XII. p. 387 lautet: „Les „taches du soleil ont continué à être très-rares. Le 27 Nivôse „(d. h. also 1800 Januar 17) je vis deux petites taches, qui „ne paraissaient plus le lendemain; le 7 Ventôse (d. h. „also 1800 Febr. 26) j'aperçus une petite tache ronde, qu'on ne „voyait plus le 10 (also März 1) etc."

Ob es in der Zwischenzeit von Februar 26 bis Mai 1 trübe gewesen, oder der Fleck innerhalb derselben noch gesehen, ist also hieraus nicht klar. Inzwischen wird diese Lücke ergänzt durch das in der 13ten Mittheilung von *Wolf* über die Sonnenflecke, p. 103, enthaltene schätzbare Verzeichniss der *Flaugergues*'schen von 1788 bis 1830 incl. reichenden Sonnen-Beobachtungen, wo für den 26. und 27. Februar 1800 (also für zwei Tage) der Fleckenstand mit (1.1) notirt ist, und erst am 1. März die Bezeichnung (0.0) folgt. Für Febr. 26 scheint daher nichts Planetenartiges vorzuliegen.*)

*) Für die nicht im Besitze der *Wolf*'schen Mittheilungen befindlichen Leser wird noch bemerkt, dass bei der gewählten Bezeichnung des Fleckenstandes die erste Ziffer die Zahl der vorhandenen Gruppen, und die zweite Ziffer die Zahl der überhaupt vorhandenen Flecke anzeigt.

Aus den zu den *Flaugergues*'schen Beobachtungen gegebenen Noten ist sodann noch hevorzuheben:

a) Im Jahre 1798 Juli 2 ist der Fleckenstand mit (0. 0) bezeichnet. In Note 25 pag. 111 wird aber bemerkt: „Bei der „Culmination glaubte *Flaugergues* „„deux petites taches fai-„„bles et irrégulières sur le soleil““ zu sehen; fügt dann „aber bei: „„J'ai examiné le soir le soleil avec la plus grande „attention, il n'y avait aucune apparence de tache. Je suis per-„suadé, que je me suis trompé et que ces taches n'étaient autre „chose que quelqu'un de ces filamens que j'ai dans les yeux et „que j'ai rapporté sur le soleil.“

b) Für 1820 December 18 lautet die Notiz für den Flekkenstand: (1. 1). Die folgenden Tage scheinen trübe gewesen zu sein, und die nächstfolgende Beobachtung fällt erst auf December 31. In der zu December 18 gehörenden Note (pag. 114) heisst es aber: „*Flaugergues* beobachtete einen Fleck nahe am west-„lichen Rande, welcher der *Herschel*'schen Hypothese „zu widersprechen scheint.“

Die Beobachtung von *Capel Lofft* zu Ipswich *) vom 6. Januar 1818

lautet nach *Carrington*'s Bericht, pag. 194 Vol. XX der Monthly Notices, in der Übersetzung: „Ich sah ihn ungefähr um 11^h Vor-„mittags (am 6. Januar) mit meinem eigenen Reflector und etwa „80facher Vergrösserung, mit einem ausgezeichneten *Cassegrain*'-„schen Reflector, von *Ch. Crickmore* hier zu Ipswich verfertigt, mit „etwa 260facher, und durch einen Reflector von *Acton* mit unge-„fähr 170facher Vergrösserung. Er erschien, als ich ihn zuerst „sah, etwa ein Drittel vom östlichen Sonnenrande, etwas elliptisch, „klein (small), gleichförmig dunkel. Ungefähr um 2½ Uhr Nach-„mittags schien er Herrn *Acton* beträchtlich vorgerückt zu sein, „und ein wenig westlich von der Sonne Mittelpunkt, „und ich meine, er erschien damals in einem Durchmesser von „6 oder 8 Secunden. Ich war im Stande gewesen, am 4. noch „keinen Fleck zu sehen, und auch am 8. nicht, und gerade am „6. konnte ihn Herr *Crickmore* etwas vor Sonnenuntergang nicht

*) Ipswich wird etwa 7^m in Zeit östlicher als Greenwich liegen.

„sehen, obgleich das schon erwähnte Telescop ihm jeden Vor-„theil an die Hand gab. Sein Bewegungszustand schien unverein-„bar mit der der Sonnenrotation, und in Figur, Dichtigkeit und „Regelmässigkeit seines Laufes schien er der schwimmenden „Schlacke durchaus unähnlich. Kurz, sein Vorbeigang vor der „Sonnenscheibe scheint die Venus beim Vorübergange übertrof-„fen zu haben."

Sodann referirt noch *Carrington:* „Die Beobachtung von *Ben-„jamin Scott* im Juli 1847 eines Körpers von der Erscheinung „des Mercurs, wenn er vor der Sonnenscheibe vorübergeht, scheint „theilweise (soweit man sich jetzt darüber vergewissern kann) „durch eine Beobachtung bestätigt zu werden, die zur selben Zeit „und unter ähnlichen Umständen von einem Herrn *W. Wray* (Op-„tiker, 25 Torriemo Terrace, Kentish Town, London, N.W.) ange-„stellt ist. Herr *Scott* hat mich mit Abschriften der Briefe des „Herrn *Wray* an ihn vom gegenwärtigen Jahre (1860) und an „Herrn *James Breen* (damals zu Cambridge) im Jahre 1848 beehrt. „Dieser Fall mag einer künftigen Gelegenheit überlassen bleiben, „wenn es einem der beiden Beobachter glücken sollte, das Datum „mit grösserer Sicherheit wieder aufzufinden."

Aus einem Schreiben des Herrn *Carrington* an den Referenten vom 2. Juli 1862 geht hervor, dass dem Ersteren bis dahin über die *Scott*'sche Wahrnehmung noch nichts Näheres bekannt geworden war.

Über die oben schon erwähnte *Staudacher*'sche Beobachtung findet sich Folgendes bei *Wolf,* pag. 54 u. 55 (IV. Mittheilung), pag. 276 des 2ten Jahrgangs der Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich: *Johann Caspar Staudacher,* ein Nürnberger, der in den Jahren 1749 bis 1792 zahlreiche, wenn auch nicht ganz continuirliche und sehr scharfe Beobachtungen der Sonnenflecke mit Hülfe eines Helioskops gemacht. — *Staudacher*'s Originaltagebuch ist von *Wolf* eingesehen. Bei dem Venusdurchgange von 1761, den er mit einem 4füssigen Fernrohre beobachtete, notirte er: „Kein Trabant war nicht zu erblicken, aber vermuthlich ist er schon vorher bei Nachtzeit durchpassirt, oder er ist hinter dem Körper des Planeten gestanden. Es war auch nach der genausten Observation, die ich hielt,

Venus ganz oval und nicht rund." — 1762 steht zwischen den Sonnenbildern vom 13. Febr. und 2. März ein Sonnenbild mit einem Flecken ohne Datum, und dabei die Bemerkung: „diesen Flecken habe ich sonst nicht mehr gesehen, gleich den andern Tag nicht mehr, war nicht röthlich, auch nicht bläulich wie die andern Sonnenflecken, sondern ganz schwarz und rund, war es etwan ein neuer Planet?" — Den 1. Juni 1777 schrieb er: „Der Venus-Trabant liess sich nicht sehen, ob ich gleich bis Nachmittags um 4 Uhr mich darnach umsahe." — In der Zusammenstellung bei *Wolf*, p. 290, heisst es zwar sodann noch: *Staudacher* habe diesen Fleck Ende Februar 1762 gesehen, wahrscheinlich aber hat mit den Worten „Ende Februar" keine nähere, auf noch andere Quellen basirte Specialisirung gegeben werden sollen.

Der Vollständigkeit wegen, und wenn auch wohl ein Theil dieser Wahrnehmungen auf Gegenstände terrestrischen Ursprungs sich beziehen mag, mögen sodann noch folgende Notizen einen Platz finden, in denen es sich um Bewegungen von ausserordentlich grosser scheinbarer Schnelligkeit handelt.

a) Am 17. Juni 1777 beobachtete *Messier* eine erstaunliche Menge von Kügelchen, welche vor dem Sonnendiscus von $11^h 46^m$ bis $11^h 51^m$ herzogen.

b) Vom 11. bis 13. Mai 1845 sah *Capocci* zu Neapel andauernd eine sehr grosse Menge von Kügelchen vor der Sonnenscheibe vorüberziehen. Eine ausführliche Beschreibung dieses Phänomens ist in № 549 der Astr. Nachr. in einem Briefe von *Ermann* an *Schumacher* gegeben, wo es mit den Sternschnuppen der August- und resp. Novemberperiode in Verbindung gebracht ist.

c) Der Referent selbst erinnert sich häufig, im Anfang Juni und im Anfang October bei Sonnenbeobachtungen kleine Kügelchen vor der Scheibe in allen möglichen Richtungen vorüberziehen gesehen zu haben. Was die Herbst-Erscheinung betrifft, so hat er sich durch weiteres Herausziehen der Ocularröhre überzeugt, dass dies höchst wahrscheinlich dem s. g. „fliegenden Sommer" beizumessen ist, der anscheinend oft bedeutende atmosphärische Höhen

erreicht. Eine analoge Bewandtniss mag es mit dem Frühlings-Phänomene haben, wo lose Zusammenballungen des flockigen Samens mancher Stauden und Bäume, z. B. der deutschen Pappel, in Frage kommen können.

Folgende beiden Beobachtungen lassen aber diese Erklärung, der Jahreszeit nach, nicht wohl zu, und möchten daher vielleicht eher auf Sternschnuppen oder auf Filamente im Auge zu beziehen sein.

α) Am Sonntage den 15. Febr. 1857 hatte Ref. zu Hannover behufs der Zeitbestimmung die Sonnenculmination an einem *Sisson*-schen 3füssigen Quadranten beobachtet. Das daran befindliche achromatische Fernrohr von etwa 24 Linien Oeffnung ist zwar sehr gut, hat aber nur etwa 25fache Vergrösserung. Eigentliche Sonnenflecke konnte Ref. an diesem Tage nicht damit wahrnehmen. Ab und an schien es jedoch, als ob kleine Punkte sich auf der Sonnenoberfläche zeigten. Er begab sich daher in den Garten und beobachtete mit einem 3füssigen Münchener Achromaten von 34 Linien Öffnung und 80facher Vergrösserung des Filar-Mikrometers die Sonne (mit einigen Pausen, die er zu machen gezwungen war, weil selbst die besten Blendgläser sein Auge immer sehr stark angreifen) noch eine Stunde lang, wo er dann noch 5 mal in ziemlich gleichen Zwischenzeiten kleine schwarze Kügelchen in der Richtung von Süd nach Nord, also aufwärts vor der Sonne vorbeischiessen sah; nur eine ging sehr schräg nach oben. (NB. hier ist die Bewegung so gegeben, wie sie wirklich war, nicht wie sie das umkehrende Fernrohr zeigte.)

β) Am 4. April 1857 . . $14^h 0^m$ mittl. Hann. Zeit beobachtete Ref. den Mond durch ein kleines *Gregory*'sches Fernrohr von 24 Zoll Brennweite, das sehr scharf ist und z. B. den Saturnring recht gut zeigt. Im Laufe der nächstfolgenden 20 Minuten sah er zu 3 verschiedenen Malen runde schwarze Körper ziemlich vertikal von oben nach unten in diesem nicht umkehrenden Fernrohre vor der Mondscheibe in etwa 2 Secunden vorüberziehen. Ihre scheinbare Grösse war ungefähr dieselbe wie der bekannte Mondkrater *Bulliald*.

d) In № 126 der Sonnenfleckenliteratur (pag. 241 u. 242) bei *Wolf* heisst es in den Auszügen aus *Zach*'s Correspondance astronomique: „*Pons* sah im Decbr. 1823 wiederholt Flecke.“ Le 20

il en paraissait plusieurs petites en ne formant qu'un amas. Le 23 cet amas s'était alongé, et ne formait qu'une seule tache noire et assez près du bord à ne plus la revoir le lendemain. A côté de cette tache noire il y en avait une autre plus étendue à plusieurs branches, mais elle n'était point noire, on l'aurait crue un petit nuage qui passait sur le disque du soleil; je n'ai jamais vu pareille chose, ni entendu parler."

e) Aus *Schmidt*'s Resultaten eilfjähriger Sonnenbeobachtungen (Olmütz 1857) sind noch anzuführen folgende von *Carrington* M. Not. XX pag. 192 citirte Beobachtungen:

α) pag. 26. 1847 (Bonn) Octob. 11. Um 9^h Morgens flog ein kleiner schwarzer Punkt vor der Sonnenscheibe vorüber. Es war weder ein Insect, noch ein entfernter Vogel.

β) pag. 31. 1849 (Bonn) Octob. 14. Um 11^h sah ich einen schwarzen Körper in einer Grösse von etwa 15" sehr schnell von Ost nach West vor der Sonne vorüberfliegen. Es war weder ein Vogel, noch ein Insect.

γ) pag. 32. 1850 Febr. 28 $10^h 12^m$ Vormittags. Ein schwarzer Körper von gut 30" Grösse passirte über die Sonne von West nach Ost. Ich zweifelte gleich, dass es ein ferner Vogel gewesen sei; „but the direction", fügt *Carrington* hinzu, „of movement probably condemns the observation as one of a planetary body.

f) In den Comptes Rendus Band 56 Nr. 2 (12. Jan. 1863) p. 88 seq. wird in einem Schreiben des Herrn *Poey* an *Elie de Beaumont* gesprochen von einer „quantité considérable de globules lumineux observés à la Havane durant l'éclipse solaire du 15 Mai 1836. Diese „globules lumineux" seien in der Sonnennähe (sowohl wenn man die Sonne durch eine mittelst Nadelstiches auf ein Blatt Papier gemachte Öffnung betrachtet, als wenn man die Sonne durch ein Dach habe verdecken lassen) um 7^h Morgens gesehen, in den verschiedenartigsten Richtungen, geraden und krummen Linien. Zuweilen wären dieselben, nachdem sie sich um 3 bis 4 Sonnendurchmesser von dem Discus entfernt gehabt, auf demselben Wege zurückgekehrt, den sie vorher durchlaufen etc. etc.

Eine ähnliche Erscheinung sei bei der Sonnenfinsterniss vom 7. Septb. 1820 um $1^h 45^m$ Nachmittags in den Strassen der Stadt Embrun mit freiem Auge wahrgenommen.

Referent hat über diese letztere, auch in Europa sichtbare, ringförmige Sonnenfinsterniss die zahlreichen in Deutschland und namentlich auch in der Schweiz (wo der Himmel sehr günstig gewesen) die in *Bode*'s astronom. Jahrb. pro 1824 niedergelegten Beobachtungen nachgelesen. In keiner derselben findet sich eine Notiz über derartige leuchtende Kügelchen. Das Phänomen scheint daher in der Havannah local gewesen zu sein und auf terrestrischen Ursprung zu deuten. — Was die Sonnenfinsterniss von 1836 Mai 15 betrifft, die ebenfalls ringförmig war, und worüber die zahlreichsten Beobachtungen im 13ten und 14ten Bande der Astron. Nachrichten stehen, so hat Referent, sorgfältigen Suchens unerachtet, nichts finden können, was auf eine analoge Wahrnehmung solcher Lichtpünktchen schliessen liesse. Es mag also hiemit wohl dieselbe Bewandtniss haben.

Aus Nr. 228 pag. 195 der Astronomischen Nachrichten.

Schreiben des Herrn *Schenck*, Kaufmanns aus Glatz, an den Herausgeber.

Breslau, 1832 Mai 15.

Ich beehre mich, als Liebhaber der Sternkunde und Leser Ihrer astronomischen Nachrichten, Ihnen eine Entdeckung mitzutheilen, welche zu merkwürdig ist, als dass ich solche wie andere minder wichtige Beobachtungen zurückhalten sollte und welche ich Ihnen blos in der Absicht berichte, um als Beitrag zur Bestätigung zu dienen, falls, wie ich gewiss glaube, anderwärts dieselbe Entdeckung gemacht worden ist. Die betreffende Entdeckung geschah am 5. Mai in Neisse, wo ich mich damals in Handels-Geschäften aufhielt und wo ich den Durchgang des Mercurs mit einem Fraunhofer beobachtete und dabei so glücklich war, einen Trabanten zu erkennen.

Sie erlauben, dass ich Ihnen meine Beobachtung hiermit wörtlich und vollständig abschreibe, wie ich sie am 5. dieses sogleich niederschrieb:

„Beobachtung des Mercursdurchgangs vor der Sonnenscheibe am 5. Mai 1832 zu Neisse im Gasthofe zum Stern, mit einem $3\frac{1}{2}$füss. Fraunhofer 90 und 210maliger Vergrösserung.

	N. M. Z.		
Berührung od. Eintritt des westlichen Mercursrandes am nordöstlichen Sonnenrande	10^h	11^m	$—^s$
Völliger Eintritt des östlichen Mercursrandes	10	14	1
Dauer des ganzen Eintritts $3^m\,1^s$. Eintritt des Mercurscentrums	10	12	30,5
Austritt des westlichen Mercursrandes am westlichen Sonnenrande, sehr sicher	4	55	56
Völliger Austritt des östlichen Mercursrandes	4	58	58
Dauer des ganzen Austritts $3^m\,2^s$. Austritt des Mercurscentrums	4	57	27
Dauer des Durchgangs $6^h\,47^m\,58^s$.			

Vormittags 10^h bis Nachmittags 4^h überzogen zuweilen dünne Wolken die Sonne, jedoch konnte ich die Berührung und den feinen Einschnitt am Sonnenrande sogleich gut und genau sehen, so auch den völligen Eintritt des westlichen Mercursrandes, wo sich, wie beim Austritt, ein feiner Lichtfaden augenblicklich bildete. Die Mitte des Durchgangs konnte ich wegen beschränkter Aussicht nicht beobachten, deshalb den Mercur nur bis $11\frac{1}{2}^h$ verfolgen und erst um 3^h Nachmittags die Beobachtung fortsetzen. Den Austritt der beiden Mercursränder konnte ich besonders gut beobachten, da nach 4^h der Himmel, wo die Sonne stand, wolkenfrei und letztere sehr klar war. Die kleine schwarze Mercurscheibe von der Grösse eines Sechsgroschenstücks bei 90maliger Vergrösserung erschien während des Durchgangs auf der Sonnenscheibe mit einer schmalen Lichteinfassung umgeben, welche mit dem grünen Sonnenglase gesehen, höher gelb aussah, als die Sonnenfläche; ohne Sonnenglas, wenn leichte dünne Wolken über die Sonne zogen, erschien diese feine Lichtbegrenzung blendend weiss, mehr ins Blaue fallend, als die blendend weisse Sonnenfläche. Gegen die Zeit des Austritts erschien am östlichen Mercursrande diese Lichteinfassung breiter und sichelförmiger als am westlichen Rande. Sowohl von Vormittags 11^h an, nicht so sicher als Nachmittags 3^h und ganz besonders 30^m vor dem Aus-

tritt konnte ich zuweilen in der Nähe des Mercurs beiläufig in der Entfernung von zwei Drittel seines Durchmessers einen kleinen, schwarzen, runden Fleck bei 90maliger Vergrösserung von der Grösse eines Stecknadelkopfes erkennen, welcher zuweilen dem Auge verschwand und wieder erschien; aber eine halbe Stunde vor dem Austritt, wo die Sonnenfläche ganz klar und ruhig war, mit Deutlichkeit gegen 15 Minuten sicher und bestimmt zu sehen war, besonders mit einem minder hellen Sonnenblendglase; welche überraschende Erscheinung ausser mir, meinem Auge nicht trauend, noch die vorzüglich guten Augen zweier Mitbeschauer sicher und unbefangen erkannten und keinen Zweifel übrig liessen. Die Stellung des kleinen Begleiters gegen den Mercur war 15—30 Minuten vor dem Austritt in nordöstlicher Richtung und beiläufig zwei Drittel des Mercursdurchmessers von Letzterem entfernt. Vormittags erschien die Stellung mehr in nördlicher Richtung. Den Austritt dieses schwarzen Punkts, bald nachdem der Planet ausgetreten war, konnte ich aber bei aller Aufmerksamkeit nicht mehr erkennen. Ueberhaupt schien mir der Begleiter mehr hinter dem Mercur, der Sonne näher zu stehen. Auch zeigte sich 15—30 Minuten vor dem Austritte zuweilen ein feiner graulichter Streifen zwischen dem Mercur und seinem Begleiter von letzterm ausgehend und sich auf der Lichtfläche der Sonne ganz eigen unterscheidend. Während der Dauer des Durchgangs und überhaupt am 5. d. M. sah ich nur einen Sonnenfleck gegen den westlichen Rand der Sonne stehend, welchem sich der Mercur gegen 4^h am meisten näherte."

Auf die vorstehenden Zeitbeobachtungen würde ich mehr Werth legen, wenn ich solche in Glatz auf meinem Thurme nach einer geprüften Pendeluhr mit gehöriger Berichtigung hätte machen können, womit ich freilich in Neisse nicht versehen war; aber doch nicht unterlassen konnte, die Beobachtungen daselbst nach einer richtig gestellten Secundenuhr so gut als möglich zu machen. Eben so wenig konnte ich unter den Umständen ganz richtige Messungen vornehmen.

Von jeher zog mich besonders in gemüthlicher Hinsicht die Sternkunde an, wodurch der selige General *von Lindener* in Glatz mein mehrjähriger astronomischer Freund und Lehrer wurde.

Mit der Sonne und deren Flecken habe ich mich seit 13 Jahren besonders viel beschäftigt, und kenne daher die verschiedenen Flecken-Gruppen derselben ziemlich genau nach meinen Abzeichnungen.

Schenck,
Kaufmann aus Glatz.

Nachschrift des Herausgebers.

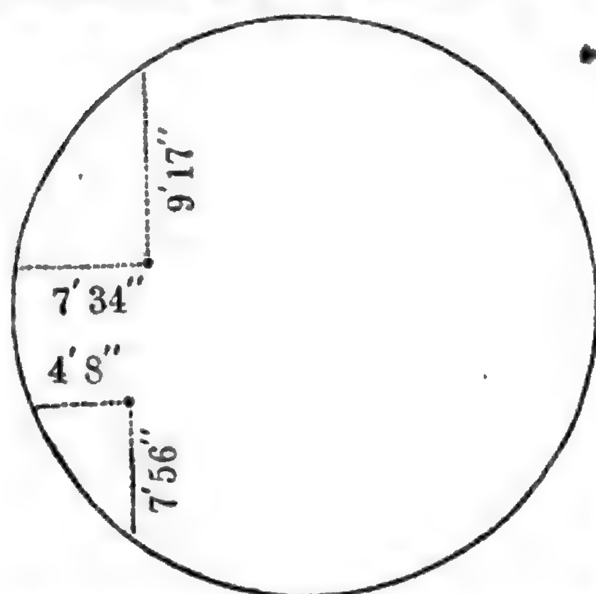
Obgleich ich nicht glaube, dass das, was Herr *Schenck* gesehen hat, ein Mercurstrabant war, hielt ich es doch für meine Pflicht, eine Beobachtung, die mit allen sie begleitenden Umständen treu referirt zu sein scheint, nicht zu unterdrücken. Vielleicht findet sie in dem nachfolgenden Briefe des Herrn Geheimen Raths *von Pastorff* ihre Erklärung.

S.

Aus einem Schreiben des Herrn Geheimen Raths *von Pastorff* an den Herausgeber.

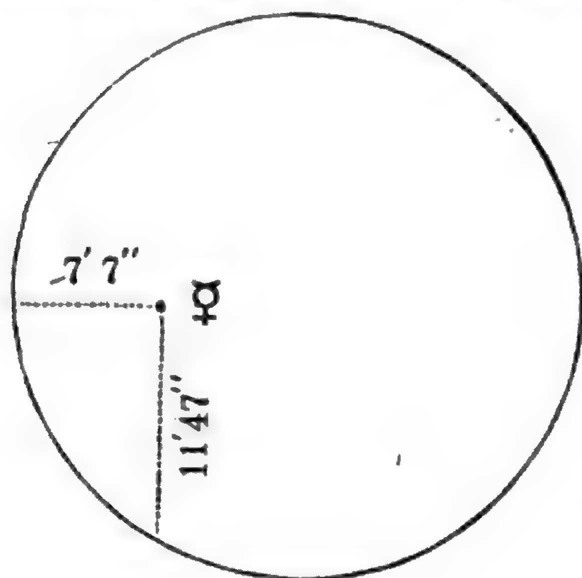
Buchholz, 1832 Mai 29.

1832 Mai 4, 21 U. Bar. 27 Z. 3,5 L. Th. +9°5.



Den Vorübergang des Mercurs vor der Sonne den 5. d. M. habe ich bei dem Eintritte, wegen bewölkten Himmels, nicht beobachten können. Um 9 Uhr Morgens zeigten sich auf der Sonnenoberfläche zwei Flecke, einer von 16 Secunden, der andere kaum bemerkbar; ungefähr wie in beistehender Figur.

1832 Mai 5, 2 U. Bar. 27 Z. 3,5 L. Th. +9°.



Um 2 Uhr Nachmittags bei klarem Himmel beobachtete ich Mercur sehr scharf abgerundet, in etwas länglich runder Gestalt, äusserst schwarz vor der Sonne in der in beistehender Figur angegebenen Entfernung vom Sonnenrande.

Der grössere Sonnenfleck hatte eine sehr matte Färbung im Vergleich des Mercurs. Um $4^h 47^m 23^s$ Nachmittags berührte der Rand des Mercurs den inneren Sonnenrand. $4^h 50^m 44^s$ trennte sich die schwarze runde Scheibe des Mercurs augenblicklich vom äusseren Sonnenrand. Die Zeitmomente sind in wahrer Sonnenzeit angegeben. Leider konnte ich aber, wegen bewölkten Himmels, die Uhr nicht am 5. Mai durch correspondirende Sonnenhöhen prüfen.

von Pastorff.

Herr Geheime Rath *von Pastorff* wird gebeten, genau anzugeben, wie er die micrometrischen Messungen angestellt hat.

Schumacher.

Über Herrn Geheimen Rathes *von Pastorff*'s Micrometermessungen.

Aus Nr. 234 pag. 295 der Astronomischen Nachrichten.

Da weder ich, noch mehrere meiner astronomischen Freunde, die vom Herrn Geheimen Rath *von Pastorff* mehrmals angeführten micrometrischen Messungen vollkommen verstehen konnten, so bat ich ihn um Erklärung, die er mir unter dem 23. October folgendermassen zu geben die Gefälligkeit hatte: „Was das Micrometer „betrifft, mit welchem ich meine Messungen der Flecke auf der „Oberfläche der Sonne und deren Entfernung vom östlichen, west-„lichen, nördlichen und südlichen Sonnenrande jederzeit mache: „so ist dies ein von Minute zu Minute netzförmg eingetheiltes „Fadenmicrometer. Sobald diese Fäden loth- und wasserrecht nach „der Sonne gerichtet sind, so messe ich die Entfernung der Flecke „vom Sonnenrande in ihrer geringsten Entfernung in Theilen des „Vertikalkreises und des Almucantharats zur Beobachtungszeit, wie „sich die Flecke dem Auge in meinem *Frauenhofer*'schen Achro-„maten mit 54 oder 150maliger Vergrösserung darstellen. In dieser „Art sind die Ihnen überschickten Beobachtungen gemacht. In „Ihren Astronomischen Nachrichten 6. Band pag. 471, 472 und 473 „ist auf der dazu gehörigen Kupferplatte das Maass der Flecke und „ihrer Entfernung vom Sonnenrande eben so in Bogentheilen der „Vertikal- und Almucantharatkreise zur Beobachtungszeit bestimmt „wie die Zeichnung darlegt. Dies ist, was ich mich beehre Ihnen „mitzutheilen. Die etwaige mindere Grösse der Minute wird von

„mir nach Zehntheilen durch Vorrichtung abgeschätzt und zwar „genau." *v. Pastorff.*

Ebenfalls in Nr. 234 der Astronomischen Nachrichten pag. 234 sagt *Bianchi* (Director der Sternwarte in Modena): „En revenant sur le passage de Mercure du 5 Mai (1832) je ne vis sur le disque du soleil qu'une petite et faible tache à laquelle venait, d'avant passer, mais à quelque distance, la planète. De l'autre plus grosse tache dont parle M. *Pastorff* (Astron. Nachr. Nr. 228 pag. 200) je ne reconnus point de trace ou d'apparence; et peut-être que celle-ci venait de se dissoudre et disparaître en peu de moments.

Astronomische Nachrichten Band 11 Nr. 242 pag. 31.
(Ausgegeben in Altona 1833 Juli 9.)

Schumacher sagt: Herr Geheime Rath *von Pastorff* hat mich ersucht, bekannt zu machen, dass er schon oft die Erscheinung eines kleinen abgerundeten Sonnenflecks beobachtet hat, von dem es ihm fast wahrscheinlich ist, da dieser Fleck immer in sehr kurzer Zeit verschwindet, dass es ein um die Sonne sich bewegender Körper sein könne.

Er hat auch die Güte gehabt, mir folgende Bemerkung seines Sohnes mitzutheilen: wonach dieser beim Mercursdurchgange (Mai 1832) nichts vom Trabanten gesehen hat, obgleich er mit grosser Anstrengung darnach gesucht. (Der *Schenk*'sche Liais). Die ausser Mercur gesehenen Flecke seien gewöhnliche Sonnenflecke gewesen.

Astron. Nachr. Band 12 Nr. 273 pag. 150.

v. Pastorff meldet unterm 9. Januar 1835 an *Schumacher,* dass er 6 mal im vergangenen Jahre (1834) zwei neue Körper, die er Asteroiden nennt, vor der Sonne in verschiedenen Richtungen und mit verschiedener Geschwindigkeit hat vorübergehen sehen. Der grössere hat 3″ Durchmesser, der kleinere 1″ bis 1¼″. Beide beschreibt er als auf das Deutlichste abgerundet. Bald geht der kleinere, bald der grössere vorauf. Die Zeichnung beider Fälle giebt ihren Abstand zu 1′16″ an, welches der grösste beobachtete Abstand ist. Oft sind sie auf ganz nahe an einander. Der Vorübergang währt wenige Stunden. Beide sollen ebenso rabenschwarz

wie Mercur vor der Sonne erscheinen und eine scharf abgerundete Kreisgestalt haben, was doch (sagt *Schumacher*) vorzüglich bei dem kleineren schwer zu bestimmen sein muss. Sonnenflecke (sagt *v. Pastorff*) sind diese Körper auf keinen Fall, denn Sonnenflecke sind weit blässer und haben ihre regelmässige Bewegung. Diese Körper sind aber oft schon nach 8 bis 48 Stunden verschwunden, treten bald an diesem, bald an jenem Punkte des Sonnenrandes mit Rabenschwärze ein und beschreiben ihren Lauf verändert vor der Sonne.

Hieran reihen sich noch folgende Wahrnehmungen, die Referent aus der „Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie u. Geographie" von Professor *Heis* zu Münster (Nr. 4, Mittwoch 1861 Jan. 25, p. 38) entnommen hat. Dort heisst es:

Herr *Herrick*, Astronom zu New-Haven in Connecticut, führt an:

a) dass *Gruithuisen* am 26. Juli 1819 auf der Sonnenscheibe zwei kleine Flecke ohne Nebel sah. (*Tilloch.* Philosophical Magazine vol. 57 page 444. London 1825.)

b) v. Pastorff sah am 23. October 1822, sowie am 24. und 25. Juli 1823 zwei merkwürdige Flecke auf der Sonne. (Worin die Merkwürdigkeit bestanden, wird nicht gesagt; bei *Radau* heisst die Stelle „deux taches de forme insolite".)

Ein ähnliches Phänomen wie das der beiden Flecke vom Jahre 1834 will *v. Pastorff* im Jahre 1836 und 1837 wiedergesehen haben. Die Bewegungen vor der Sonnenscheibe waren:

1836 October 18 von $2^h 20^m$ bis $3^h 12^m$ (also in 52^m)
durchlaufener Weg = 12′.

1836 Novemb. 1 von $2^h 48^m$ bis $3^h 42^m$ (also in 54^m)
durchlaufener Weg = 6′.

1837 Februar 16 von $3^h 40^m$ bis $4^h 10^m$ (also in 30^m)
durchlaufener Weg = 14′.

Herr *Radau* bemerkt dazu, dass hierbei vielleicht aus Versehen die Zahlen 6′ und 14′ verwechselt seien.

Nach Vol. XX p. 191 der Monthly Notices vom 9. März 1860 muss angenommen werden, dass die *v. Pastorff*'schen Originalbeobachtungen nach England später gekommen sind. Die sie enthaltenden 3 Bände sind von Sir *John Herschel* der Royal Astronomical Society überreicht. Falls daher auf diese Beobachtungen

besonderes Gewicht zu legen sein sollte, so würde darüber dort wahrscheinlich nähere Auskunft erhalten werden können. An jener Stelle der Monthly Notices sind auch Formeln von *Carrington* mitgetheilt, welche zur bequemen Reduction der in höchlich unbequemer Form gegebenen *v. Pastorff*'schen Mikrometer-Messungen dienen können.

In den Comptes Rendus Band 49 p. 811 sagt *Herrick*: „Der *v. Pastorff*'schen Beobachtung vom 24. und 25. Juli 1823 werde „vaguement“ von *Flaugergues* erwähnt.“ In *v. Zach* Correspondance astronomique vol. 13 p. 17: „En quoi consiste réellement son observation je l'ignore.“

An den Vorübergang eines planetarischen Körpers vor der Sonnenscheibe wird bei dieser Observation eventuell wohl nur dann zu denken sein, wenn das Phänomen nicht 2 Tage lang hindurch beobachtet ist, sondern Ende des 24. Juli und Beginn des 25. Juli nach astronomischer Computation gezählt sind, und so der Datumwechsel in die Beobachtung gekommen ist. In der That hat z. B. bei der Beobachtung der Mercurs-Passage *v. Pastorff* in astronomischer Weise gezählt.

Zur Controlle verglich Referent das oben erwähnte *Flaugergues*'sche Beobachtungs-Journal. Für 1823 Juni 30 lautet die Notiz über den Fleckenstand: (0. 0). Von da bis Juli 14 (wobei ebenfalls 0. 0 notirt ist) kommt keine Specialbeobachtung vor, sondern nur die generelle Bemerkung: „Sol semper inmaculatus est“, und dann fehlt ebenfalls jede besondere Aufzeichnung bis Sept. 3, indem für den Zwischenraum steht: „Sol inmaculatus continuo.“

Für 1819 ist von Mai 26 bis October 2 bei *Flaugergues* eine Lücke und über die oben erwähnte *Gruithuisen*'sche Wahrnehmung von 1819 Juli 26 lässt sich daher hieraus nichts weiter beibringen.

Was die *v. Pastorff*'sche Beobachtung von 1837 Febr. 16 betrifft, so giebt Sir *John Herschel* in dem bekannten Werke über seine Cap-Beobachtungen (pag. 431) aus den Jahren 1836 u. 1837 ein Verzeichniss der Tage, von welchen er Diagramme der Sonnenflecke besitze. Von 1836 finden sich daselbst nur Decbr. 27 und 31 aufgeführt. Von 1837 sind im Februar folgende Tage benannt: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28. — Wie Schade, dass gerade Februar 16 zu den wenigen fehlenden Tagen gehören muss!

Die Beobachtungen von *Fritsch* (cf. oben p. 187 seq.) anlangend, so wird für die wichtige Beobachtung des rasch beweglichen Flecks vom 29. März 1800, dessen Austritt aber *Fritsch* nicht direct beobachtet hat, insofern ein Anhaltspunkt gewonnen, als *Flaugergues* (dessen letzte Beobachtung auf 1800 März 21 mit (1. 1) fällt) für 1800 März 30 und 31 notirt: (0. 0). Für 1802 Febr. 27 finden sich bei *Flaugerguer* 2 Gruppen notirt, ohne weitere Bemerkung. — 1802 Octob. 10 fehlt bei *Flaugergues*'s Beobachtungen. Ebenso ist aus letzteren nichts über die referirten *Fritsch*'schen Wahrnehmungen vom 17. April 1798, 5. Juni, 24. October, 25. März 1799 zu ersehen.

Über den etwa 6 Stunden später als die Venus-Passage vor der Sonne am 5. Juni 1761, in England, Krefeld und Augsburg am 5./6. Juni 1761 beobachteten Durchgang eines anderen Körpers vor der Sonne (der von Einigen für den Venus-Trabanten gehalten worden) wird das Nähere bei den Beobachtungen über den angeblichen Venus-Mond referirt werden.

Die Beobachtungen von *Stark* und *Steinheibel*.

Stark war Canonicus zu Augsburg und gab von 1813 bis 1837 meteorologische Jahrbücher heraus, auch in den *Bode*'schen astronomischen Jahrbüchern befinden sich manche Notizen von ihm. In den meteorologischen Jahrbüchern sind auch regelmässige Beobachtungen der Sonnenflecke angeführt. In seiner Beschreibung der meteorologischen Instrumente (Augsburg 1815) heisst es im Artikel „Beobachtung der Sonnenflecke" § 117 p. 73: „Die Ab„stände von dem Sonnenrande, die Richtung der Bewegung und „auch die scheinbare Grösse erhielt ich soviel als möglich genau „durch ein in meinen 42zölligen Achromat eingesetztes und von „Herrn Mechanikus *Höschel* getheiltes Scala-Micrometer nach der „Art, wie sein würdiger Vorfahr, Herr Mechanikus *Brandes* (Be„schreibung eines Planisphärii astrognostici aequatorealis etc. „Augsb. 1775 p. 23) ihn beschreibt." Es scheint mithin ziemlich zweifellos, dass die von *Stark* gebrauchten Ausdrücke: Nord, Ost etc. nicht als Altazimuthe aufzufassen, sondern so zu verstehen sind, wie sie eine aequatoreale Fernrohraufstellung ergeben würde. In dem Vorberichte zum Jahrgange 1820 sagt sodann *Stark* noch,

dass der König Max. Joseph von Bayern ihm einen *Reichenbach*'-schen Theodoliten von ausserordentlicher Genauigkeit, nebst einem *Fraunhofer*'schen 48zölligen Refractor von seltener Güte zu seinem Gebrauche habe übersenden lassen. Mit letzterem Instrumente werden daher auch wohl schon die Beobachtungen vom Jahre 1819 gemacht sein, da das Jahrbuch erst mehre Jahre später erschienen ist, als die darin enthaltenen Observationen angestellt sind.

Die geographische Lage des Beobachtungsorts wird wohl nicht viel verschieden sein von Polhöhe = +48° 21′ 41″, Länge = 28° 33′ 30″ östlich von Ferro.

Unter den Beobachtungen vom 9. October 1819 sagt *Stark*: „Zugleich erschien in einer Entfernung von 12′ 28″ „vom südlichen Sonnenrande, und 4′ 58″ vom östlichen Sonnenrande ein schwarzer, rein begrenzter Kernfleck, welcher ganz „kreisförmig und in der Grösse des Mercurs (bei der Passage?) „war. Dieser Kernfleck war um $4^h 37^m$ (anscheinend mittl. Zeit) „Abends nicht mehr vorhanden, und ich fand auch später sowohl „am 9. (also an demselben Tage), als auch am 12., wo die Sonne „hervor kam, keine Spur mehr von diesem Fleck."

Unter den Beobachtungen von Juni 1819 sagt *Stark*: „Zugleich erschien am 26. früh 7¼ Uhr ein sonderbarer Fleck, der „weder einer Öffnung, noch einer Untiefe ähnlich war, denn man „sah an demselben keine schwarze Vertiefung; dieser Fleck war „klein und nicht-rein begrenzt. Er war vom westlichen Sonnen-„rande 15′ 25″ und vom nördlichen 14′ 30″ entfernt. Sehr fiel es „mir auf, dass ich diesen Fleck bei meiner zweiten gewöhnlichen „Beobachtungszeit Mittags 12^h nicht mehr sah."

Hierzu merkt *Stark* noch an, dass nach *Olbers*' Rechnung der Comet um $5^h 29^m$ früh mittl. Augsburger Zeit am südlichen Sonnenrande habe eingetreten sein müssen, um $7^h 20^m$ in dem Mittelpunkte der Sonne bis auf 1′ 27″ westlich habe stehen, und um $9^h 8^m$ am westlichen Sonnenrande wieder austreten müssen. Es sei daher wahrscheinlich, dass jener Fleck jener Comet gewesen.

Referent erlaubt sich, hier sogleich die in *Bode*'s Astr. Jahrb. pro 1822 p. 228 gegebene Beobachtung des Generals *Lindener* zu Glatz folgen zu lassen. *Lindener* sagt, dass er am 26. Juni 1819 (wo nach *Olbers*' Rechnung der Comet die Sonne habe passiren

müssen) Morgens um 5^h, 6^h, 7^h die Sonne ohne alle Flecke gesehen habe (2½ füss. *Ramsden*'scher Achromat, 25- oder 75 fache Vergrösserung, zusammengesetztes hellbraunes und hellblaues Planglas als Blende). Er betrachte seit dem Jahre 1806, so oft es die Witterung erlaube, noch jetzt, in seinem 77sten Jahre, täglich 2 bis 3 mal die Sonne. Noch sagt *Lindener:* „Am 27. (Juni 1819) Mor„gens fand ich einen einzelnen Fleck nur um $\frac{1}{10}$ Linie am süd„lichen Sonnenrand eingetreten, der um 6 Uhr Abends nicht mehr „vorhanden war." An und für sich möchte die *Lindener*'sche Negative gar keinen Widerspruch mit der *Stark*'schen Beobachtung enthalten, denn *Stark* sagt, dass er das Phänomen um 7¼ Uhr gesehen; offenbar musste es bei der gegebenen Position (wenn die reelle Bewegung so rapide war) erst ganz kurz vorher eingetreten sein. *Lindener* hat aber zuletzt um 7 Uhr beobachtet und nach dem Meridianunterschiede zwischen Augsburg und Glatz ist $7^h 15^m$ Augsburg = $7^h 37^m 5$ Glatz. Die Beobachtung zu Glatz enthält also durch ihre Negative viel eher eine Bestätigung über den raschen Zug jener Erscheinung, als Widerspruch. Auch fragt es sich, ob die Beobachtungen, die der grosse Bremer Astronom seinen Rechnungen zu Grunde legen konnte, so genau waren, dass eine Differenz von einer Stunde und etwa 45 Min. bei der Sonnen-Passage des Cometen nicht allenfalls dabei bestehen konnte.

Unter den Beobachtungen vom Februar 1820 heisst es bei *Stark:* „Den 12. war ein sonderbarer Fleck von wohlbe„grenzter kreisrunder Gestalt mit kreisrunder Atmosphäre und oran„gegelber Farbe zu sehen, dessen scheinbare Grösse beinahe 2 „mal dem scheinbaren Durchmesser des Mercurs gleichkam. Zu „Mittags 12^h stand dieser Fleck 11′20″ vom östlichen und 14′ 17″ „vom südlichen Sonnenrande entfernt, und um $4^h 23^m$ Abends war „er nicht mehr zu sehen. Diese Erscheinung (sagt *Stark*) ver„rieth mehr den Vorübergang eines planetarischen Himmelskör„pers, dessen Bahn von der des Mercurs eingeschlossen wird, „als das Dasein eines Sonnenflecks." (Tab. I. Fig. 2.)

Hieran schliesst sich die Beobachtung von *Steinhuebel* oder *Steinheibel.* In dem von *Ermann* edirten Briefwechsel zwischen *Olbers* und *Bessel* (Theil 2, p. 162) lautet in einem Schreiben von *Olbers* d. d. 20. Juni 1820 die Stelle, wie folgt: „Was sagen

„Sie zu *Steinhuebels* Beobachtung eines dunkeln, runden, wohlbe-„grenzten Flecks, der am 12. Febr. d. J. seinen Vorübergang vor „der Sonnenscheibe in 5 Stunden vollendete. Hat die Sache ihre „Richtigkeit, so liesse sich allerdings an einen Planeten innerhalb „der Mercursbahn denken, dessen Abstand von der Sonne etwa „0.19, die Umlaufszeit über 30 Tage sein dürfte. Freilich hat „man schon mehre Male dergleichen dunkle Körper vor der Sonne „vorübergehen sehen, wenigstens sich dessen gerühmt: allein auf „diesen *Steinhuebel*'schen Planeten konnten sich jene Wahrneh-„mungen nicht wohl beziehen, weil sie sonst auch um die Mitte „des Augusts oder Februars hätten angestellt sein müssen, da die „Knotenlinie durch die *Steinhuebel*'sche Observation nahe bestimmt „wird, oder hat dieser Planet eine so kleine Neigung, dass er „immer vor der Sonne erscheint, wenn er mit der Erde in Con-„junction kommt? dann würde er längst bekannt sein. Wenn „*Steinhübel*, den ich nicht weiter kenne, als durch einige von ihm „bekannt gewordene Sonnenfleck-Beobachtungen, wirklich ein zu-„verlässiger wahrhafter Mann ist, so verlohnt es sich vielleicht „der Mühe, dass *Littrow* noch die näheren Umstände dieser Wahr-„nehmung von ihm zu erforschen suchte, besonders die Lage des „Eintritts- und Austrittspunktes gegen den Vertical mit der beiläu-„figen Zeit dieser Momente, um zu sehen, ob man nicht einiger-„massen die Lage der Bahn daraus herleiten könne.“ — Der nächste Brief von *Bessel* ist 20. Octb. 1820 datirt, (von dem aber nach der Anmerkung des Herausgebers *Ermann* Fortsetzung und Schluss nicht mehr vorhanden sind). Das Vorhandene enthält nichts über jene Anfrage von *Olbers* und auch aus den späteren Briefen hat Referent nichts darauf sich Beziehendes finden können.

Herr *Carrington* hat nach Vol. XX. p. 194 der Monthly Notices of the R. A. S. versucht, durch Vermittelung des jetzigen Directors der Wiener Sternwarte, Herrn *v. Littrow*, weitere Auskunft über diese Beobachtung zu erhalten.

In Vol. XXII p. 276 findet sich eine ausführlichere Erwiderung, als die, welche *Littrow* auf das erste Schreiben non *Carrington* zu geben vermochte. Der von Wien April 13 1862 datirte Brief lautet in der Übersetzung aus dem Englischen: „In der Wiener „Zeitung vom 27. April 1820 findet sich folgende, wahrscheinlich „von meinem Vater mitgetheilte Nachricht: „„Herr *Steinheibel*, der

„„in den letzten 4 Jahren täglich die Sonne beobachtet hat, und „„deren Flecke und Fackeln sorgfältig in einem Tagebuch anmerkt, „„beobachtete am 12. Februar (1820) um $10^h 45^m$ Morgens „„einen Fleck, der von allen übrigen sich durch seine wohlbe- „„grenzte kreisrunde Form, durch seine orangeartige (orange red) „„Farbe und besonders durch seine ungewöhnliche Bewegung „„auszeichnete, indem er den Durchmesser der Sonne in „„nahezu fünf Stunden durchlief. Da er diese interes- „„sante Beobachtung während einer ländlichen Excursion machte, „„so war es unmöglich, auf Instrumente zu recurriren, oder die „„Beobachtung Andern zeitig genug mitzutheilen. Jetzt ist er be- „„reit, vollständig auf jede Frage zu antworten, die man an ihn „„wegen dieses Vorfalls richten möchte."" Ich habe (fährt der Brief fort) „in meinem frühern Schreiben den Namen *Steinheibel* „unrichtig (nach *Olbers) „Steinhuebel"* geschrieben. Er lebte ei- „nige Zeit als Abt zu Wien und nachher zu Kremsmünster. An „beiden Orten beschäftigte er sich fortgesetzt mit Sonnenbeobach- „tungen. Die obige Beobachtung ist so verschieden von der *Stark*'- „schen angegeben, dass ich sie als unabhändig von der letzteren „betrachten möchte."

Da es hiernach möglich erschien, dass das vorerwähnte *Steinheibel*'sche Tagebuch vielleicht noch zu Kremsmünster aufbewahrt wäre, und man daraus noch einige Notizen, z. B. über den so wesentlichen Moment der scheinbaren geocentrischen Bewegungsrichtung, in welcher jener Fleck den Sonnendiscus passirte, möglicherweise hätte sammeln können, so schrieb Referent dieserhalb an den Prälaten *Reslhuber*, und wurde von dem hochwürdigen Herrn unterm 28. Juni 1862 mit einer Antwort beehrt, worin es heisst: „Ich weiss gar nicht, worauf basirend man diese Notiz „geben konnte. *Steinheibel* war gar nie hier, hat nicht längere „Zeit hier verlebt, ist uns sogar dem Namen nach gänzlich unbe- „kannt. Noch lebt an der hiesigen Sternwarte der Mechaniker „*S. Lettemayr* (seit dem Jahre 1806 als solcher angestellt), der „sich an keinen Mann dieses oder eines ähnlichen Namens erin- „nern kann. Von *Steinheibel*'s Tagebuche kann ich daher auch „nicht die mindeste Auskunft geben." — Auf desfallsige weitere Anfrage in Wien hatte Herr Director *v. Littrow* die Güte, mittelst Schreibens vom 28. October 1862 den Referenten zu benachrichti-

gen, dass die Notiz von *Steinheibel*'s Aufenthalt in Kremsmünster ein Versehen ist, das durch eine falsche Angabe der Wiener Zeitung sich einschlich. „Ich bin selbst (fährt das Schreiben fort) „schon nach *Steinheibel*'s Tagebüchern aus und werde, wenn ich „etwas finde, nicht ermangeln, Sie davon zu unterrichten."

Schliesslich fand Ref. in der 14ten *Wolf*'schen Mittheilung (in № 178 der Literatur) folgenden Auszug eines Schreibens des Herrn Directors *v. Littrow* d. d. Wien 16. April 1862:

„Ein Zufall führte mich vor einigen Tagen auf beiliegendes „Scherflein zu Ihrer trefflichen Sammlung von Sonnenfleckbeob- „achtungen, vielleicht dient es Ihnen:

№ 29. Febr. 5 1822 der Wiener Zeitung.

„„Herr Abbé *Steinheibel* in Engesfeld bei Wiener Neustadt, „„dessen in diesen Blättern schon öfter Erwähnung geschah und „„der bereits durch fünf Jahre sehr eifrig die Sonnenflecke beob- „„achtete, erhielt aus seinem vorigjährigen Tagebuche darüber „„folgende Resultate:"" (folgt ein Verzeichniss der Sonnenfleckbeobachtungen aus dem Jahre 1821). Dann fährt *Herr v. Littrow* fort: „*Steinheibel* war ein Liebhaber der Astronomie, der sich da- „mals in Engesfeld bei Wiener Neustadt aufhielt. Ich war schon „lange auf der Lauer nach einer Beobachtung, die er am 12. Fe- „bruar 1820 gemacht haben sollte nach einer Erwähnung im Brief- „wechsel *Bessel-Olbers* und die ihres Zusammenfallens wegen mit „einer Beobachtung von *Stark* merkwürdig wäre. Endlich habe „ich sie gefunden und werde Ihnen nächstens Weiteres darüber „schicken. Es ist, soviel ich weiss, die einzige von 2 Beobach- „tern angestellte, also völlig constatirte Sichtbarkeit eines Him- „melskörpers vor der Sonne, der nicht Mercur noch Venus war. „Ich habe auf jene beiden Angaben hin gleich die Wiener Zeitung „von 1819 bis 1823 ganz durchgehen lassen, bin aber bis jetzt auf „nichts dahin Gehöriges gestossen."

Unter den *Stark*'schen Beobachtungen vom Juli 1826 steht noch folgende Notiz: „Am 31. Juli Abends 4¾ Uhr stand am nord- „östlichen Sonnenrande ein runder schwarzer Fleck, welcher we- „der Tags zuvor noch Tags darauf erschien."

Bei *Flaugergues* fehlen leider an allen 4 Tagen (1819 Juni 26 und October 9; 1820 Febr. 12 und 1826 Juli 31) correspondirende Beobachtungen. — Dagegen findet sich in der XIIIten *Wolf*'schen Mittheilung (pag. 116) ein von *Carrington* mitgetheiltes (von August 1819 bis 9. Mai 1823 reichendes) „Verzeichniss der Sonnenfleckbeobachtungen von *Adams* of Edmonton, der für 1819 Octb. 9 den Fleckenstand ohne weitere Bemerkung mit (2. 5) notirt.

Obgleich es den Beobachtungen entspricht, dass von den wirklichen Sonnenflecken, namentlich die kleinen oft rasch entstehen und wieder verschwinden, so will Ref. doch noch folgende Notizen hier mittheilen, da sie theils nach dem Monate, theils selbst — wie die cursorische Zusammenstellung weiter unten ergiebt — nach dem Tage, mit ähnlichen Wahrnehmungen Anderer in anderen Jahren zusammentreffen.

So z. B. sagt *Biela* in № 62 p. 240 der Astron. Nachr. „Vom „Juni des Jahres 1822 an und das ganze Jahr 1823 hindurch wa- „ren die Sonnenflecke eine so seltene Erscheinung, dass ich mich „bloss erinnere, am 23. October 1823 zwei kleine Flecke in „der Sonne gesehen zu haben, von denen der eine noch am „nämlichen Tage verschwand, der andere aber noch „am folgenden Tage zu sehen war."

Ferner sagt *Capocci* in seiner interessanten Abhandlung über die Sonnenflecke in № 115 der Astr. Nachr. pag. 321, er habe im April 1826 einen kleinen Fleck unter 49° südlicher Abweichung (auf den Sonnen-Aequator bezogen) gesehen; das Phänomen scheine ihm einzig in seiner Art. *Capocci* sagt hier nicht, dass und wie lange er diesen Fleck verfolgt hat, und es kann daher möglicherweise etwas Anderes als ein eigentlicher Sonnenfleck gewesen sein, was sich aber noch vielleicht aufklären lässt, da jene Abhandlung in den A. N. nur ein Übersetzungs-Auszug aus einem grösseren Werke ist. Dem Referenten erschien die Sache ebenfalls interessant genug, um auf jene Stelle Herrn *Carrington* brieflich aufmerksam zu machen, da derselbe in Vol. XX p. 258 der Monthly Notices den Wunsch ausspricht — nachdem die angebliche *Lahire*'sche Beobachtung eines Sonnenflecks in 70° heliographischer Breite als unerwiesen bezeichnet ist — höhere Breiten eines Sonnenflecks kennen zu lernen, als die ihm bisher bekannt gewordenen und hinreichend beglaubigten Maxima von 51° Nord und 45° Süd.

Beobachtung von *Ohrt* in Wandsbeck.

In № 1269 pag. 333 der Astr. Nachr. (ausgegeben zu Altona 1860 Juli 28) sagt Herr Professor *Peters* in den „Vermischten Nachrichten“: „Da in letzterer Zeit öfter Beobachtungen von Sonnen- „flecken, die nur kurze Zeit sichtbar gewesen sind, Erwähnung „geschehen ist, so möge hier auch eine vom 12. September 1857 „Platz finden, die mir Herr Advocat *Ohrt* in Wandsbeck mitge- „theilt hat. Herr *Ohrt* schreibt darüber wie folgt: Am 12. Septb. „1857 sah ich um 1^h Mittags im nördlichen Theile der Sonnen- „scheibe, als ich die übrigen Sonnenflecke beobachten wollte, „in auffallender Weise einen ziemlich runden Fleck etwa 5 Minu- „ten vom oberen Sonnenrande. Am 13. war bedeckte Luft, aber „am 14. war der nördliche Fleck verschwunden, während die übri- „gen noch sichtbar waren. Dieser merkwürdige Fleck erschien „mir nach meiner Erinnerung und Vergleichung im Gedächtniss „nicht gar viel kleiner, als das Bild des Mercurs, den ich bei sei- „nem Durchgange 1848 mit demselben Instrumente ziemlich sorg- „fältig verfolgt habe.“

Da in der Abhandlung von *Radau* dieser am 12. Septb. 1857 zu Wandsbeck wahrgenommene Fleck als „une tache noire plus petite que Mercure“ bezeichnet war, ohne dass, wie man sieht, in der obigen Mittheilung des Herrn *Ohrt* über Schwärze des Flecks oder von einer besonderen Farbe die Rede ist, so hatte Herr Professor *Peters* die Güte gehabt, in dieser Beziehung noch weiter in Wandsbeck anzufragen, und hat unterm 10. Februar 1863 folgende Erwiderung von Herrn *Ohrt* erhalten:

„Der von mir am 12. Septb. 1857 zunächst dem Sonnenrande „wahrgenommene Fleck war auch durch seine Dunkelheit von den „anderen gleichzeitig sichtbaren Flecken auffallend, und schwerlich „würde ich ihn mit dem Bilde des Mercurs auf der Sonnenscheibe „verglichen haben, was ich derzeitig bestimmt gethan habe, wenn „er nicht auch rücksichtlich des Farbenmangels damit zu verglei- „chen gewesen wäre. Hervorragungen oder Winkel am Rande „des Flecks habe ich nicht wahrgenommen und mit dem Ausdruck „„ziemlich rund““ habe ich die Annäherung an die Kreisform „bezeichnen wollen, indem die Gestalt des Flecks etwas elliptisch „erschien.“

Um nun über das bei der Beobachtung benutzte Fernrohr, dessen Blendglas und etwaige sonstige Nebenumstände noch einige weitere Auskunft zu erhalten, ersuchte Referent den Herrn *Ohrt* brieflich um eine möglichst detaillirte Auskunft und wurde von Letzterem am 20. Februar 1863 mit der nachstehenden Erwiderung beehrt:

„Seit nahezu 30 Jahren habe ich mich viel mit der contempla-„tiven Astronomie beschäftigt. Seit einigen 20 Jahren benutzte „ich dazu ein Rohr mit einem Pariser achromatischen Objective „von 22 Linien Oeffnung und 280 Linien Brennweite und einem „zusammengesetzten Ocular von Herrn *Repsold* von etwas unter „4 Linien Brennweite. Es ist mithin ein sogenanntes 2füssiges „mit gut 70maliger Vergrösserung. Um Ihnen einen Begriff von „der Schärfe des Rohrs bei 70maliger Vergrösserung zu geben, „bemerke ich, dass ich eine Reihe von Doppelsternen gut damit „auflöse, das Trapez im Nebel des Orion und zwei Monde des „Saturns bei günstiger Constellation damit sehe und einen dritten „glaube schimmern gesehen zu haben, ähnlich wie Sternchen der „10ten bis 12ten Grösse, welche auf der Grenze der Lichtstärke „des Rohrs stehen."

„Im Jahre 1857 beobachtete ich die Sonnenflecke nach ihrer „Menge, Grösse und Verbreitung auf der Sonnenscheibe zu dem „Zwecke, um zu versuchen, ob ich darnach einen Einfluss auf die „Wärmeentwicklung und electrische Spannung der Luft wahr-„nehmen könne. Obgleich mir die geeigneten physikalischen In-„strumente dafür abgingen und diese Versuche nur roh waren, so „setzte ich die Beobachtungen doch längere Zeit fort, weil mich „das Problem um so mehr interessirte, als ich körperlich sehr „reizbar durch electrische Einflüsse der Atmosphäre bin. Bei „diesen Beobachtungen liess ich stets das Sonnenbild projiciren und „begnügte mich damit, wenn mir dabei nicht irgend etwas auffiel, „was ich genau zu sehen wünschte. Dann beobachtete ich direct „und zwar ohne Dämpfglas. Doch muss ich Ihnen die Art, wie „ich dies mache, mittheilen. Mir ist die Gefährlichkeit dieser Be-„obachtungsweise wohl bekannt, da ich dadurch leider bei der „ringförmigen Sonnenfinsterniss im Mai 1836 die Netzhaut meines „rechten Auges in einem kleinem Punkte gelähmt habe und seit-„dem nur mit dem linken Auge beobachten kann; allein ich lasse

„es doch nicht, weil mein blaues Dämpfglas mich namentlich die „Lichtnüancen nicht so deutlich erkennen lässt, als ich sie ohne „dasselbe sehe. Vor der Objectivöffnung habe ich Ringe von „Messingblech in der Art angebracht, dass ich sie bequem vor- „legen und entfernen kann, ohne das Rohr zu verrücken, um da- „mit die Lichtstärke nach Bedürfniss zu modificiren. Wenn ich „dann nur den Theil der Sonne in's Gesichtsfeld treten lasse, wo „sich das zu beobachtende Object befindet, so kann ich recht gut „dasselbe betrachten, wenn auch in den ersten Secunden das Auge „geblendet wird. Natürlich kann diese Betrachtung nicht lange „währen, und ich muss sie oft unterbrechen, um das Auge zu „schliessen."

„Als ich nun am 12. September 1857 das Sonnenbild durch „mein Rohr projiciren liess, fiel mir der in Rede stehende Fleck „sofort auf, besonders auch durch seine Stelle so weit ausserhalb „der gewöhnlichen Zone der Flecke und durch den Umstand, dass „die anderen sichtbaren Flecke, die klein, aber zahlreich waren „und sich zum Theil seitwärts vom Aequator ausdehnten, doch „nirgend bis in die Nähe des grossen dunkeln Flecks reichten. „Ich betrachtete daher die ganze Fleckenregion und die Gegend um „den grossen Fleck, wie diesen selbst, direct durchs Rohr, wohl „hauptsächlich in der Absicht, um mich zu überzeugen, dass gar „keine Spuren von Flecken in seiner Nähe zu finden seien. Darnach „habe ich ihn wieder seiner Auffälligkeit wegen in der Projection „betrachtet, bis die Sonne von meinem Zimmer nicht mehr bequem „gesehen werden konnte, was schon halb 2 Uhr der Fall ist. „Als ich ihn sah, hatte er seinen Stand ungefähr auf der grös- „sten Durchschnittslinie von Nord nach Süd annähernd 60° vom „Aequator."

„An diesem Tage hatte ich leider nicht den Gedanken, dass „es ein Planet sein könne. Gleichwohl war ich folgenden Tages „begierig auf einen Sonnenblick, um den Fleck wieder zu sehen, „der Himmel blieb aber bezogen. Am darauf folgenden Tage fand „ich keine Spur mehr von dem Fleck, so sorgfältig ich auch „suchte; ich sah nichts in der Gegend der Sonnenscheibe, wo er „gestanden, als die gewöhnliche flockige weisse Oberfläche, wäh- „rend die übrigen Flecke in derselben Configuration, wenn auch „näher dem Rande gerückt, noch da waren. Damals fuhr mir der

„Gedanke, dass es ein Planet gewesen sein könne, durch den „Kopf. Ich verglich die mir auf das Lebhafteste vorschwebende „Erscheinung mit dem Bilde des Mercurs, wie ich diesen gesehen „hatte, und glaubte darnach, dass dem in der That so sei, dass „der Fleck der Körper eines Planeten gewesen sei. Ich dachte „daran, diese Beobachtung dem Herrn Professor *Peters* mitzu- „theilen, mit dem ich sonst in keiner Verbindung stand, allein ich „unterliess es, weil ich fürchtete, mich lächerlich zu machen, dass „ich mich von meiner Annahme nicht überzeugt hatte, was leicht „gewesen wäre, wenn ich den Gedanken am Tage der Beobach- „tung gehabt hätte. Ich notirte daher auf ein Blatt, was Sie in den „astronomischen Nachrichten gelesen haben, um, wenn sich später „noch ein subtellurischer Planet finden sollte, nach einer Rück- „wärtsberechnung entscheiden zu können, ob ich mich getäuscht „hätte oder nicht."

„In den folgenden Jahren hatten theils mein körperliches „Befinden, theils andere Umstände mich meiner Beschäftigung mit „der Astronomie fast ganz entzogen, und ich hatte die Beobachtung „vom 12. September 1857 so ganz vergessen, dass ich mich ihrer „nicht einmal erinnerte, als ich im Anfang des Jahres 1860 von „*Le Verrier*'s Vermuthung und Dr. *Lescarbault*'s Beobachtung ei- „nes Submercurius Näheres las. Im Juni 1860 nahm ich jedoch „ein Buch zur Hand, um irgend etwas Astronomisches nachzu- „sehen, und fiel mir daraus jenes Blatt mit meiner Notiz entgegen. „Mir fiel die Möglichkeit ein, dass meine Beobachtung vielleicht „mit der von *Lescarbault* übereinstimmen konnte, da die letztere „auch um die Zeit der Nachtgleichen gemacht war und man die „Wiederkehr zum Frühling erwartet hatte. Da ich mir aber die „Elemente des angeblichen Submercurius nicht notirt hatte, um „selbst wenigstens approximativ eine Nachrechnung anstellen zu „können, nahm ich mir die Freiheit, meine Notiz unterm 25. Juni „1860 Herrn Professor *Peters* brieflich mitzutheilen."

„Einen Hof habe ich bei dem Fleck nicht bemerkt und möchte „annehmen, dass derselbe keinen, wenigstens keinen von einiger „Bedeutung gehabt hat, weil ich die Höfe der Flecke bei directer „Betrachtung leicht und sehr deutlich sehe."

„Noch will ich zu Ihrer gefälligen Berücksichtigung bemerken, „dass ich nicht erinnere, ob ich die Vorstellung der etwas ellipti-

„schen Gestalt von der directen Betrachtung oder von der Pro-
„jection aufgenommen habe. Irre ich nicht, so erregte diese Form
„bei mir das einzige Bedenken gegen meine Vermuthung, dass es
„ein Planet gewesen sei. *)

---

*) Anmerk. des Refer. Der Umstand, dass in dem fraglichen Fernrohre der Fleck nicht völlig kreisförmig, sondern etwas elliptisch sich gezeigt hat, möchte für sich allein die etwaige planetarische Natur desselben noch wohl nicht condemniren. In der That haben bei früheren Mercursdurchgängen einige Beobachter etwas Aehnliches wahrzunehmen geglaubt, so wie auch wohl Lichtringe oder Umhofungen; Dinge, die man mitunter wohl auf die benutzten Blendgläser geschoben hat. Selbst beim Venusdurchgange von 1761 notirt — wie bereits eben referirt — *Staudacher:* „Es war auch bei der genauesten Observation, die ich hielt, Venus ganz oval und nicht rund. (Cf. auch noch die Bemerkungen über den Mercursdurchgang von 1799 im Berliner Jahrb. pro 1803, pag. 249; pro 1804, pag. 213.) Bei Gelegenheit des Mercursdurchganges vom 5. Mai 1832 sagt *Schumacher*, der doch vortreffliche Fernröhre besass, in Nr. 225, pag. 132 der Astr. Nachr.: „Bei dem Ein- und Austritte bemerkte ich an Mercur nichts Besonderes. Als er etwas in die Sonnenscheibe hineingerückt war, schien er uns Allen nicht vollkommen rund, sondern unten (im umkehrenden Fernrohre) mit einer kleinen Protuberanz. Nachher war keine Spur mehr von dieser Erscheinung, und der Planet erschien wie eine kleine scharf begränzte Kugel, aber sowohl ich als Herr *Petersen* glaubten um diese Kugel herum einen sich durch bläuliche Farbe von dem Sonnenkörper unterscheidenden Hof zu sehen. Einmal sah ich ohne Blendglas durch Wolken einen grauen Hof um Mercur, und *Petersen* hat dieselbe Erscheinung mehrmals, wenn die Wolken es erlaubten, gesehen. Allein, obgleich ich die Verschiedenheit der Farbe des zunächst um Mercur befindlichen Theils der Sonnenscheibe mit verschiedenen Fernröhren und Blendglässern sah, bin ich doch ungewiss, ob es nicht optische Täuschnug war, zumal da gegen die Zeit des Austritts sowohl Herr *Petersen* als ich auf der Mercursscheibe fast im Mittelpunkte bald einen hellen, bald einen dunkleren Punkt, als die Scheibe selbst war, zu sehen glaubten, was wohl keinen anderen Grund als die Anstrengung des Auges haben konnte. Herr Dr. *Selander* konnte nichts von dem Hofe sehen."

Hierzu bemerkt *Olbers* in derselben Nummer der A. N., pag. 144: „Die Erscheinung, die Sie und *Petersen* um den Mercur wahrgenommen haben, habe ich auch 1799 bei dem damaligen Durchgange des Mercurs gesehen, doch auch nur des Nachmittags bei sehr ermüdeten Augen. Mit Ihnen halte ich die Ursache dieses Phänomens mehr für subjectiv, als objectiv. Für eine Atmosphäre um

Beobachtung von *de Cuppis* zu Rom.

In der oben citirten Wochenschrift von *Heis* lauten die Worte: „*Le Verrier* macht in einem Schreiben an *Faye* darauf aufmerksam, „dass *de Cuppis*, ehemaliger Astronom am Collegio Romano zu „Rom, am 2. October 1839 einen vollkommen runden Fleck vor „der Sonnenscheibe in rascher Bewegung vorüberziehen sah." Einige Zeilen später steht: „Der von *de Cuppis* angeführte Fleck „brauchte sechs Stunden zum Vorübergange."

Bei *Radau* lauten die Worte: „Le 2 Octobre 1839 Mr. *de Cuppis*, „alors elève astronome au Collège Romain, affirme avoir vu un „point opaque parcourir le disque solaire en 6 heures."

Leider fehlt auch hier wieder alles weitere Détail. Die Zeit der Beobachtung, die Richtung der Bewegung, ob der Durchmesser der Sonne, oder welche sonstige Sehne des Sonnendiscus in 6^h durchlaufen, bleibt unbestimmt. Referent machte deshalb einen Versuch, durch briefliche Anfrage in Paris etwas Näheres über jene Observation in Erfahrung zu bringen, jedoch bislang vergeblich. Das Rückschreiben, womit derselbe von Herrn *Le Verrier* unterm 19. Febr. 1861 beehrt wurde, lautet an der betreffenden Stelle: „Je n'ai sur l'observation de Mr. *de Cuppis* aucune donnée „sérieuse et je ne sais pas s'il en existe."

Beobachtung des Arztes *Lescarbault* zu Orgères.

Im Wesentlichen entnommen aus den „Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences," Vol. 50, Nr. 1 (2 Jan. 1860, pag. 40 seq.)

Der Doctor *Edmund Lescarbault* zu Orgères in Frankreich (Eure-et-Loir) hat den Durchgang des Mercurs vor der Sonnen-

den Mercur war der graue Hof um denselben viel zu gross. (Cf. auch noch die schon oben mitgetheilte *Pastorff*'sche Beobachtung des Mercursdurchgangs vom Mai 1832.)

Eimke in Hamburg sagt (*Bode* Astr. Jahrb. pro 1803, pag. 249): „Vom 7. Mai 1799 lese ich noch immer von Mehren, die einen „Schein-Ring um den Mercur während seines Vorüberganges be„merkt haben, aber bei Keinem die Anmerkung dessen, was ich „sehr deutlich wahrgenommen, nämlich dass dieser Lichtkreis nur „dann zu sehen war, wenn unsere Atmosphäre dunstiger wurde „oder leichte Wolken kamen. War die Luft heiter, so war keine „Spur vom Dunstkreise um Mercur zu sehen. Dies habe ich zu„verlässig genau beobachtet. Sollte Solches nicht einige Aufmerk„samkeit verdienen?"

scheibe am 8. Mai 1845 beobachtet und ist dadurch auf die Idee gekommen, dass es vielleicht in den der Sonne nahen Regionen noch andere planetenartige Körper geben möge, die sich auf der Sonnenscheibe unter Umständen projiciren können. Er hat sich vorgenommen, zu diesem Zwecke die Sonne eifrig zu beobachten.

Der Beobachtungsort liegt $0^h 2^m 35^s$ westlich von Paris, in 48° 8′ 55″ Polhöhe.

Das Fernrohr hat ein Objectiv von 10 Centimeter Oeffnung und 1,46 Meter Focallänge (von *Cauche* im Jahre 1838 verfertigt) mit einer circa 150fachen Vergrösserung zur Zeit der Beobachtung vom 26. März 1859. Es hat ein Stativ mit Horizontal- und Vertical-Bewegung und einen Sucher von 6facher Vergrösserung. Im Brennpunkte des Fernrohrs und des Suchers befinden sich Kreuzfäden unter rechten Winkeln; im Sucher ausserdem noch an jeder Seite des Verticalfadens und damit parallel ein Faden in 16 bis 17 Bogenminuten Abstand, ebenso noch 2 parallele horizontale Fäden, so dass das auf diese Weise von den 4 äussersten Fäden im Sucher gebildete Quadrat nahezu das Sonnenbild umfasst, wenn sich der Mittelpunkt des letzteren auf dem Kreuzpunkte der beiden Mittelfäden befindet. Eine Pappscheibe von 14 Centimeter Durchmesser ist um den Ocularzug des Suchers concentrisch beweglich und an der Peripherie in halbe Grade getheilt. An der Ecke eines Gebäudes, oder an einem Bleiloth, das in einiger Entfernung auf dem Felde aufgehängt ist, wird die Verticalität der Fäden geprüft und regulirt. Die optischen Axen beider Fernröhre sind nach Sternen concentrirt. Durch Drehen des Sucheroculars mit seinem Fädensystem wird sodann der Winkel gemessen, den ein Punkt des Sonnenrandes mit dem Verticaldurchmesser der Sonne macht.

Mit diesem Apparate hat *Lescarbault* am 26. März 1859, Nachmittags, ganz nahe am nordwestlichen Rande der Sonne „un point noir d'un périmètre circulaire bien arrêté“ erblickt, dessen Durchmesser er gut um den 4ten Theil kleiner geschätzt, als den Mercursdurchmesser bei der Passage vom 8. Mai 1845.

Mit der Veröffentlichung dieser Beobachtung und ihres Détails hat *Lescarbault* neun Monate gewartet und der Angabe nach sein Stillschweigen erst da gebrochen, als er das auf die Störungen der

Mercurbewegung bezügliche Schreiben *Le Verrier*'s an *Faye* im „Kosmos" vom 2. Octbr. 1859 gelesen. Auch scheint er eine Zeit lang gehofft zu haben, jenen Fleck bald abermals beobachten, sowie das durch seine Beobachtung gewonnene Material zur Durchführung einer selbstständigen Berechnung verwenden zu können. Erst am 22. December 1859 hat er über seine Observation eine briefliche Mittheilung an *Le Verrier* gerichtet, auf deren Grund Letzterer sodann eine Reise nach Orgères unternommen, um den Herrn *Lescarbault* und die Sache näher zu prüfen.

Auch sind — was Vielen auffallend gewesen ist — von *Lescarbault* in jenem Schreiben die Angaben so gemacht, als ob der Eintritt des schwarzen Punktes in den Sonnenrand direct von ihm beobachtet sei. Letzteres ist nach *Le Verrier*'s Referate nicht der Fall, sondern der Arzt von Orgères hat die Zeit des Eintritts, sowie den hiezu gehörenden Positions-Winkel nur nach Verhältniss derjenigen Zeit geschätzt, wie sie ihm aus der später von ihm observirten Quantität und Richtung der Bewegung jenes Punktes zu folgen schienen. Der Fleck ist schon „einige Secunden" eingetreten gewesen, als Herr *Lescarbault* ihn bemerkt. (Wieviel Secunden denn etwa? wird im Referate nicht erwähnt). Die Angaben im Briefe sind:

Eintritt: um $4^h 8^m 11^s$ Abends mittlere Zeit Paris. Irrthum in Zeit „1^s bis 5^s hinzuzufügen."

Austritt: $5^h 25^m 18^s$ Abends m. Z. Paris. Möglicher Irrthum „1^s bis 3^s, die abzuziehen."

Augenblick der kürzesten Distanz vom Mittelpunkt der Sonne: $4^h 46^m 45^s$ m. Z. Paris; Dauer der Passage in mittl. Zeit: $1^h 17^m 9^s$; kürzester Abstand vom Mittelpunkt der Sonne $= 0° 15' 22'' 3$ *) Winkel, unter welchem von der Erde aus die vor der Sonne durchlaufene Linie zwischen Eintritt und Austritt gesehen ist, $= 0° 9' 13'' 6$.

Noch heisst es dabei, dass die Resultate weder von dem Einflusse der Refraction noch um den Fehler verbessert seien, der aus dem, in der Zwischenzeit vor sich gehenden Stellungsunterschied der Erde in ihrer Bahn herrühre, indem diese letztere Cor-

*) Anmerk. des Ref. Der Nautical-Almanac setzt den Sonnenhalbmesser für den 26. März 1859 im Mittag $= 16' 3'' 5$.

rection keine anmerkenswerthe Verbesserung in den aus unvollkommenen Messungen hergeleiteten Werthen herbeiführen werde.

„Ich habe die Überzeugung,“ fährt der Brief fort, „dass man „eines Tages einen völlig runden, schwarzen und sehr kleinen „Punkt wiederum die Sonne in einer Ebene passiren sehen wird, „deren Neigung gegen die Ekliptik zwischen $5^\circ + \frac{1}{3}$ und $7^\circ + \frac{1}{3}$ „liegen wird, dass die Ebene dieser Bahn die Ebene der Erdbahn „ungefähr in 183° schneiden wird, indem er von Süd nach Nord „vorbei geht, und dass, wenn er nicht eine enorme Excentricität be„sitzt, er den Sonnendurchmesser etwa in $4^h 30^m$ durchlaufen wird.“

Die von *Lescarbault* angegebenen Positions-Winkel sind:

1) beim Eintritt in 57° 22′ 30″ nach Westen von der oberen Extremität des vertikalen Sonnendurchmessers.
2) beim Austritt in 85° 45′ 0″ nach Westen von der unteren Extremität des vertikalen Sonnendurchmessers.

Die Beobachtungen sind der Angabe *Lescarbault*'s nach, von ihm sofort auf einer Himmelskugel eingetragen, und so sei er dazu gelangt, die durchlaufene Chorde zu bestimmen.

Le Verrier findet sodann nach jenen Angaben die Chorde durch Rechnung = 0° 19′ 17″ und schliesst auf $4^h 26^m 48^s$ Durchgangszeit für den ganzen Durchmesser der Sonnenscheibe. Er berechnet ferner die heliocentrischen Längen und Breiten des Planeten (ohne sie jedoch hier anzuführen) und daraus seine Neigung gegen die Erdbahn = 12° 11′ und Länge des Knotens = 12° 59′. Die Dauer der Passage könne uns nur dann auf die Entfernung des Körpers von der Sonne schliessen lassen, wenn man die Bahn als Kreis ansehe, dann sei die grosse Halbachse = 0,1427, als Einheit die Entfernung von der Erde bis zur Sonne, und dann werde die Revolution = 19,7 Tagen, die Elongation nie mehr als 8°. Betrachte man die Masse dem Volumen proportional, so werde dieselbe der 17te Theil der Mercurs-Masse, die bei der Distanz, in welcher sie hingestellt, viel zu klein sei, um daraus die Totalität der in der Mercurs-Perihel-Bewegung constatirten Anomalie hervorzubringen.

In Betreff eines vom 8. März 1860 datirten Schreibens an den Herausgeber der Astron. Nachr. hat sodann Herr *Liais* von Olinda

(in Brasilien) aus einen in № 1248 der Astr. Nachr. publicirten Artikel (ausgegeben zu Altona 1860 April 14) eingesandt, der mit den Worten beginnt:

„l'observation du Dr. *Lescarbault* est fausse."

Herr *Liais*, ein französischer Astronom und Director der brasilianischen Küstenvermessung (dem grösseren astronomischen Publicum unter andern auch durch die in den Astron. Nachr. № 1170 und 1171 veröffentlichten Beobachtungen der totalen Sonnenfinsterniss vom 7. Septbr. 1858 bekannt), hat hiernach in der Zeit vom Januar bis August 1859 in der Bai von Rio Janeiro zu St. Domingos zahlreiche Beobachtungen der Sonne zu dem Zwecke angestellt, die Abnahme der Lichtintensität der Sonne vom Centrum bis zum Rande und vom Aequator bis zu den Polen zu bestimmen. Er findet aus seinen Notizen, dass er am 26. März 1859 an jenem Orte die Sonne in zwei Reihen zuerst von $11^h 4^m$ bis $11^h 20^m$ und nachher (durch Wolken unterbrochen) von $0^h 42^m$ bis $1^h 17^m$ beobachtet hat (die erste Reihe zur Vergleichung des Centrums mit dem Rande, die zweite zur Vergleichung der Pole mit dem Aequator.)

Die Meridian-Differenz zwischen Orgères und St. Domingos nimmt *Liais* zu 3 Stunden an. Hiermit wird die zweite *Liais*'sche Beobachtungsdauer in Zeit von Orgères ausgedrückt: von $3^h 42^m$ bis $4^h 17^m$. Den Eintritt schätzt, dem Vorhergehenden nach, *Lescarbault* in seiner Ortszeit auf $4^h 5^m 36^s$. Also beträgt die Dauer der Zeit, wo die beiden Beobachter die Sonne gleichzeitig im Fernrohr gehabt haben, nicht ganz 12 Zeitminuten (vorausgesetzt, dass beide ihre Zeit innerhalb der Minute genau gekannt haben.) Welche Mittel zur Zeitbestimmung beiden Beobachtern zu Gebote gestanden, darüber liegt nichts vor. Welches optische Instrument Herr *Liais* benutzt hat, ist nicht angegeben, sondern er sagt nur, dass er seine Recherchen mit einer doppelt so starken Vergrösserung angestellt habe, als die von *Lescarbault* benutzte. Die Hauptstelle bei *Liais* lautet sodann wörtlich: „à $1^h 17^m$ de St. Domingos la „tache était donc entrée sur le soleil à Orgères depuis 12^m et par „la vitesse de sa marche, d'après Mr. *Lescarbault*, elle aurait de „1′4 sur le disque, de sorte que sa plus petite distance au bord „du soleil eût été de plus de 20 secondes d'arc. Cette „quantité est trop grande pour que la différence des „parallaxes d'Orgères et de S. Domingos eût pu l'a-

„néantir*), et en conséquence quand j'ai fait ma dernière com-„paraison j'aurais dû voir sur le soleil le point noir en question, „s'il y avait été à Orgères, et cela d'autant plus que d'après „Mr. *Lescarbault* ce point et entré à environ 11° du pôle nord du „soleil, région que j'explorais. Or est-il possible que dans un „travail fait pour des recherches sur la constitution physique du „soleil je n'aurais pas remarqué une tache du soleil à 79° de son „équateur et cela avec un grossissement double de celui qu'em-„ployait Mr. *Lescarbault* et quand pour chaque comparaison je „visitais avec soin la région solaire pour tenir compte de ses va-„riations apparentes d'intensité par les rides et les lucules. — Je „suis donc en mesure de nier de la façon la plus nette et la plus „positive le passage d'une planète sur le soleil à l'heure indiquée."

Dann folgt eine Auseinandersetzung, die theils Widersprüche in den *Lescarbault*'schen Angaben beweisen soll, theils gegen die *Le Verrier*'schen Schlussfolgerungen auftritt, die Referent hier um so füglicher wiederzugeben unterlassen darf, da die Astr. Nachr. (namentlich aus dieser neuern Zeit) Jedem leicht zugänglich sind, der sich ein eigenes Urtheil über die Sache bilden will. Herr *Radau* sagt in seiner kleinen, oft schon citirten Schrift, dass er bereits zweimal genöthigt gewesen sei, auf die etwas lebhaften Ableugnungen des Herrn *Liais* zurückzukommen. (Im Kosmos von Moigno vom 3. Mai und 25. October 1861). Auch ist hier noch der № 1281 der Astr. Nachr. zu erwähnen, worin *Liais* etwas mildere Saiten gegen *Lescarbault* aufzieht und die Möglichkeit andeutet, dass des Letzteren Wahrnehmung auf Subjectivem, auf Refractionsphänomenen, oder gar auf kleinen schwarzen Punkten beruhen könne, die zuweilen mit den Wolken erscheinen. Vorher betrachtet *Liais* in dieser Nummer einige von Herrn Professor *Wolf* über ähnliche frühere Erscheinungen gegebene rechnungsmässige Zusammenstellungen (auf die Ref. im 3ten Abschnitt zurückkommen will) und versichert dann nochmals, dass ihm eventuell ein solcher Planet bei seiner gleichzeitigen Sonnenbeobachtung nicht habe entgehen können, da seine Noten sagen: „régions polaires

*) Anmerk. des Ref. Dies ist nicht im Original, sondern hier nur deshalb gesperrt gedruckt, weil Ref. hierauf im 3ten Theil dieser Abhandlung zurückkommt.

„du soleil très-uniformes d'intensité, peu de poin-„tille. Je cherchais les points à peine visibles, et je n'aurais „pas vu une tache comparativement énormes?" etc.

Die Beobachtung des Herrn *Lummis* zu Manchester.

In Vol. XXII. p. 232 der Monthly Notices macht Mr. *Hind* Folgendes bekannt:

„In einem an mich unterm 20. März (1862) gerichteten Schrei-„ben ist von *W. Lummis*, Esq., (of the Manchester, Sheffield and „Lincolnshire Railway Company's Office at Manchester) nachge-„wiesen, dass er am Morgen desselben Tages, während er die „Sonnenscheibe mit einem Teleskop von etwa 2¾ Zoll Öffnung un-„tersuchte, einen kleinen schwarzen Fleck bemerkte, der regel-„mässiger und besser begrenzt war als gewöhnlich (a small black „point more regular and better defined than usual). Er verfolgte „ihn ungefähr 20 Minuten, während welcher Zeit sich der Fleck „rapid bewegte, wie in einem das Schreiben begleitenden Dia-„gramme gezeigt ist, indem er seine runde Form beibehielt. Mr. „*Lummis* rief einen Freund, um das Ding zu sehen, welcher es „eben so deutlich bemerkte, wie er selbst."

„Als ich ihn um weitere Nachrichten in Beziehung auf diese „Beobachtung anging, schrieb mir Herr *Lummis* Folgendes:" „Was „die Positionen des Flecks betrifft, so bedauere ich, solche mit „keiner grösseren Schärfe geben zu können, als in der Ihnen ge-„sandten rohen Skizze*) angegebenen, die von derjenigen abge-„nommen ist, die zur Zeit, wo ich Zeuge des Vorübergangs war, „angefertigt wurde. Ich hatte ausser dem Telescope kein Instru-„ment und ich maass mit einem schmalen Streifen von Karten-„pappe die Abstände des Flecks vom Sonnenrande. Von dem „Zeitpunkte an, wo ich ihn zuerst bemerkte, um $8^h 28^m$ Vormit-„mittags (Manchester Zeit) bis $8^h 50^m$, hatte sich der Fleck unge-„fähr über 12 Bogenminuten hin bewegt, so nahe ich solches mit-„telst des Auges beurtheilen kann, und seine Grösse oder vielmehr „seinen scheinbaren Durchmesser möchte ich zu etwa 7″ ansetzen. „Das Teleskop hat 2¾ Zoll Öffnung und vergrössert 80 mal. Ich

*) Eine Copie dieser Skizze ist in den Monthly Notices nicht mitgetheilt.

„hatte seit mehren Morgen die Sonne beobachtet und bemerkt, „dass sie besonders frei von Flecken war. Nur ein kleiner konnte „von mir am Morgen des 20sten entdeckt werden, gerade unter „dem Fleck, den ich mit „A" in der Skizze bezeichnet habe. „(NB. „A" soll sich auf die erste Position des sich bewegenden „Flecks beziehen.) Ich bedauere *) ausserordentlich, dass ich ge- „nöthigt war abzubrechen, bevor jenes Object seinen Transit „vollendet hatte, indem ich gewünscht hätte, Zeuge seines Aus- „tritts zu sein."

„Indem ich nun sorgfältig von der Skizze des Herrn *Lummis* Azimuthal- und Höhendifferenzen des Flecks und des Sonnen-mittelpunkts ablese und dieselben in Längen- und Breiten-Differenzen verwandle, finde ich folgende Zahlen:

Greenwich mittl. Zeit (1862)			
März 19, $20^h 37^m$	Länge des Flecks	=	Länge der Sonne — 2′4
	Breite „ „	=	+ 3′9
„ 19, $20^h 59^m$	Länge „ „	=	Länge der Sonne — 7′0
	Breite „ „	=	+ 5′5

Aus der Zeichnung ist klar, dass des Herrn *Lummis'* Schätzung des Bogens, über welchen der Fleck während der 22 Minuten seiner Beobachtung sich hinweg bewegte, viel zu gross ist. Dieser würde näher an 6′, als an 12′ sein."

In einem vom 2. Mai datirten, an den Herausgeber (der Monthy Notices) gerichteten Briefe schreibt Herr *Lummis*: „that the spot ap- „peared quite circular, and perfectly and sharply defined, and that „the dimensions stated (viz 7″) may be regarded as a maximum „measurement."

Nachdem die gegenwärtige Abhandlung bereits nach Altona gesandt war, gelang es dem Referenten, in den Mémoiren der Pariser Academie noch folgende 3 Beobachtungen aufzufinden, von denen namentlich die von 1701 März 29 und von 1706 Juni 4 schon des Monatsdatums wegen von besonderem Interesse sind.

*) Anmerk. des Refer. Noch mehr möchte wohl zu bedauern sein, dass Herr *Lummis* nicht sofort, als er die „rapide" Bewegung bemerkte, an die Observatorien zu Liverpool und Greenwich telegraphirte (z. B. „Beobachten Sie rasch die Sonnenscheibe, es geht darauf etwas Besonderes vor"), wozu doch in Manchester dem Herrn *Lummis* zweifelsfrei die günstigste Gelegenheit geboten war.

1) Histoire de l'académie pour l'année 1705, p. 128. Le 3 Août 1705 on apperçut deux taches déjà fort avancées sur le disque. Selon l'hypothèse des 27 jours et demi il s'en fallait plus de deux jours que ce ne pussent être les mêmes du moi Juillet. Le lendemain il n'en paraissait plus aucune trace.

2) Histoire de l'académie pour l'année 1706. Le 4 Juin (1706) on vit une petite tache presque au milieu du disque. Elle n'avait point paru 2 jours auparavant, quoiqu'on eût eu attention à en chercher. Elle était plus basse que le centre du soleil de $1\frac{1}{2}'$. Le lendemain et les jours suivants on ne la vit plus.

3) Histoire etc. avec les Mémoires pour 1701, pag. 76 (der Memoiren). Taches dans le soleil observées le 29 Mars 1701 par Mr. *Cassini* et *Maraldi* à Montpellier.

Détermination de la situation de la tache plus grande:

Première observ.		autre observ.
$3^h 49^m 51^s$	le bord du soleil au fil horizontal de la lunette	$-4^h 11^m 9^s$
3 50 15	„ „ „ „ précédant au vertial	—4 11 42
3 51 23,5	la tache à l'horizontal	—4 12 39
3 52 53	le bord inférieur à l'horizont	—4 14 10,5
3 53 8	le „ suivant au vertical	—4 14 38,5

Hauteur du soleil 18° 18′ 50″

(Tab. 1. Fig. 3a.)

Ayant trouvé les poles de la révolution du soleil (NB. In dem vorangegangenen Artikel der Historie sur les taches du soleil setzt *Cassini* die Inclin. des Sonnen-Aequators $= 7\frac{1}{2}^{\circ}$ und sagt, dass *Scheiner* den 8ten Grad des Schützen, oder sein Oppos. als diejenige Stelle bezeichnet habe, wo die Sonne zu gleicher Zeit unsern Augen die beiden Pole ihres Aequators zeige, was *Cassini* (Sohn) bestätigt gefunden habe.) autour de son axe et leur situation dans son disque apparent et tracé l'Équinoxial des taches et leur méridien, qui passait par le centre du soleil, et le cercle de déclinaison de la tache plus grande à quatre heures du soir, on a trouvé sa latitude en déclinaison à l'égard de l'Équinoxial de 12 dégrés vers le midi et sa longitude orientale à ce temps là de 2 dégrés 10 min. que la tache parcourait presqu'en 4 heures. Elle passa donc par le centre du soleil le 29 Mars 1701 à 8^h du soir.

(Dann folgt eine Betrachtung, dass dieser Fleck mit einem am 7. Nov. 1700 beobachteten nicht habe identisch sein können, weil

sonst seine Bewegung viel langsamer gewesen sein würde, als die der anderen Flecke, und er auch noch eine andere Unregelmässigkeit besessen haben würde, wonach er die Breite gewechselt habe.)

Hiezu sagt p. 261 desselben Bandes *Cassini* (Sohn): „Le 29 „Mars de cette année 1701 étant à Montpellier nous découvrîmes „encore d'autres taches dans le soleil (nachdem vorher von „Flecken im Nov. die Rede gewesen). Elles étaient au nombre „de trois ou quatre. La plus grande était ronde comme elles „sont ordinairement vers le centre du soleil. Nous en déterminâmes „la situation par le passage des bords du soleil et de la tache „par les fils de la lunette du quart de cercle. Elle était alors „dans la partie orientale du disque du soleil près de son centre. „Le lendemain le soleil n'étant plus clair, l'on ne „pût les apercevoir et le 31 on reconnut qu'elles „étaient entièrement disparues.“ (Tab. 1. Fig. 3 b.)

Die Beobachtung des Herrn Professors *Spoerer* zu Anclam von 1862 Aug. 11.

Nach einigen vorläufigen Rechnungen über die im zweiten Capitel mitgetheilten Beobachtungen eines angeblichen Mercurs-Trabanten von *Montaigne* (1761 Mai 4 u. Mai 7) hatte Referent eine untere Conjunction des Körpers (wenn man denselben eben nicht als Trabant, sondern als Hauptplaneten ansehen wollte) für 1862 August (23/24) indirect gefunden. Es fiel ihm daher auf, dass in Nr. 1402 (pag. 148) der Astr. Nachr. Herr Professor *Spoerer* sagt: „Der südöstlich folgende feine Fleck ist nur „August 11 gesehen.“

Referent theilte deshalb Herrn Prof. *Spoerer* brieflich sein Rechnungsresultat mit und ersuchte um möglichst vollständige Auskunft über diese Beobachtung. Die Erwiderung, womit derselbe hierauf beehrt wurde, lautet vollständig im Extracte wie folgt:

„Ihrem Wunsche gemäss ertheile ich Ihnen über den Fleck „Nr. 92 so vollständige Auskunft als möglich.“

„Am 11. August v. J. hatten wir hier stark bewölkten Himmel, „und es war deshalb nicht möglich, eine Messung anzustellen. Die „treibenden Wolken bedeckten die Sonne so häufig und andauernd, „dass nur die kurzen Zwischenzeiten benutzt werden konnten, um „eine Karte zu zeichnen, nicht aber ausreichten, um eine Messung

„zu machen. Ich würde wenigstens eine Messung gemacht haben, „wenn nur 5 Minuten hindurch die Sonne frei gewesen wäre. „Leider ist nicht notirt, zu welcher Tageszeit die Karte gezeichnet „ist. Es kann Morgens um 8^h oder Mittags gegen 12^h geschehen „sein; nur zu einer dieser beiden Zeiten und wahrscheinlich „um 12^h."

„Der Fleck ist klein, rund und ohne Hof gesehen. „Die Vergrösserung ist beim Zeichnen der Karten nicht über 54, „meist 42, letzteres besonders, wenn die Luft weniger günstig ist. „Bei der 54 maligen Vergrösserung wird ein kleines 2½ füssiges „Instrument gebraucht; bei der 42 maligen ein 3½ füssiges, beides „vorzügliche Fernröhre. Mit beiden Fernröhren habe ich den letz-„ten Mercursdurchgang gesehen und bin daher mit einer derartigen „Erscheinung bekannt. Der Fleck Nr. 92 könnte sehr wohl „ein Planet gewesen sein. Wie bemerkt, habe ich ihn nur „während einer sehr kurzen Zeit gesehen, und es wäre daher nicht „auffallend, dass mir die Ortsveränderung, welche sich wohl schon „in 10 Minuten ohne Messung hätte bemerklich machen müssen, „entgangen sein könnte. Da jedenfalls die Karte wegen der Kürze „der Zeit ungenauer gezeichnet ist, als es sonst wohl geschieht, „so kann die Schätzung des Ortes nur eine sehr beiläufige sein. „Ich würde ansetzen, dass sich der Fleck

in Rectascension + 10′ }
in Declination — 6′ } in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonnenscheibe,

also in Bezug auf die Ekliptik:

in Länge + 47° }
in Breite — 9½° } in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonnenscheibe.

befunden habe.

„Als Sonnenfleck betrachtet, hätte er schon Aug. 9 und 10 „gesehen werden können, doch würde seine Kleinheit hinreichend „erklären, warum er, dem Rande näher stehend, nicht gesehen „worden ist."

„Aug. 12 war den ganzen Tag über der Himmel stark mit „Wolken bedeckt."

„Aug. 13 ist bei der Karte angemerkt: „bez.", d. h. der „Himmel war leicht bezogen und würde also die Möglichkeit übrig „lassen, dass der Fleck doch noch vorhanden gewesen, obwohl

„ich natürlich nach einem einmal gesehenen Fleck sorgfältig aus„schaue und ihn auch wegen des nahe bekannten Orts nicht so „leicht übersehen kann."

„Es war darauf Aug. 15 schon klarer Himmel, aber der Fleck „auch an diesem Tage nicht gesehen. Aug. 14 ist auch beob„achtet, doch liegt keine Karte vor. Wahrscheinlich hatte ich erst „die Beobachtung gemacht und nachher keine Zeit zur Karte. Die „Beobachtungen (von 93) begannen $11^h 25^m$; wurden $11^h 35^m$ bis „$11^h 45^m$ durch Wolken unterbrochen, dann folgt eine Beobachtung „$11^h 46' 50''$ bis $11^h 50' 29''$, wieder Unterbrechung durch Wolken „und darauf wurde $11^h 54' 50''$ bis $12^h 26' 16''$ beobachtet. Bei „der letzten Beobachtung war ein Austrittsmoment der Sonne „durch Wolken verloren gegangen und werden wohl nachher „Wolken gekommen sein."

„Es liegt demnach so, dass eine weitere Nach„forschung anzurathen ist. Hierin will ich Ihnen, die Sie „die Sache angeregt haben, nicht vorgreifen und erlaube mir nur „eine Ihnen sicherlich bekannte Andeutung. Der Hofrath *Schwabe* „zeichnet jeden Tag in der Regel Mittags zwischen 11 und 12 Uhr „eine Karte. Der Professor *Heis* in Münster beobachtet an einem „Netz, welches ihn in Stand setzt, sofort den Ort bis auf den Grad „genau anzugeben, und in Peckeloh ein dem Herrn Professor *Heis* „bekannter Herr beobachtet täglich mit Sorgfalt. Da meiner„seits der Fleck unzweifelhaft gesehen ist, so würde „die Planetenerscheinung unzweifelhaft sein, wenn „jene sorgfältig beobachtenden Herren den Fleck „nicht gesehen haben."

„Ist er aber gesehen und ziemlich an derselben Stelle, in „S. O., so würde ich dagegen sein, ihn für etwas Anderes zu „halten, als für einen Sonnenfleck, da es zu unwahrscheinlich „wäre, dass genau zu derselben Zeit beobachtet wäre und bei „einem Zeitunterschiede von nur $\frac{1}{4}$ Stunde der Ort schon ein ganz „anderer — selbst bei rohester Abschätzung — sein musste."

„Sobald ich Gelegenheit habe, dem Herren Hofrath *Schwabe* „in Dessau oder Professor *Heis* in Münster zu schreiben, werde „ich die Sache erwähnen; bis dahin überlasse ich Ihnen die wei„teren Schritte."

Da also Herr Professor *Spoerer* weitere Nachforschungen anrieth, so schrieb Referent dieserhalb zunächst an Herrn Professor *Heis* in Münster, unter Mittheilung des Originals des *Spoerer*'schen Briefes.

Unterm 17. Februar 1863 schrieb auch Herr Professor *Heis* bereits, dass er zwar selbst wegen Abwesenheit in Paris in der Zeit um den 11. August herum nicht habe beobachten können, dass er aber von Peckeloh, wo Herr Lehrer *Weber* die Sonne sorgfältig beobachte, Erkundigungen eingezogen habe. Der Auszug aus dem *Weber*'schen Tagebuche lautet vollständig wie folgt:

Sonnenflecken-Beobachtungen vom 10.—12. Aug. 1862.
(Wie im Tagebuche angegeben.)

10. Aug. 3 Gruppen. Neue sind nicht eingetreten. Ansehnliche Fackeln treten ein, besonders südlich. Nr. 119, nahe bei 117, will aufbrechen, nur matt, kaum zu erkennen. Nr. 117, recht klar ausgeprägt, zählt an 34 Flecke. Die ganze Ostseite leer. 116 und 118 südlich in Abnahme.

11. Aug. 3 Gruppen, wie am 10. Nr. 119, noch matt, zähle ich zu 117. Diese Gruppe, die namentlich an den grössern Flecken eine nach Osten strebende Mannigfaltigkeit entwickelt, verliert namentlich einzelne zerstreut liegende Fleckchen. Die Fackeln auf dem Ostrande sind ansehnlicher geworden, ob bald Flecke eintreten? Nr. 116 und 118 sind sehr in Abnahme. Wie denn überhaupt der Fleckenzustand in Abnahme begriffen ist.

12. Aug. 4 Gruppen. Nr. 120 ist diesen Nachmittag zwischen 1—2 Uhr eingetreten und zwar nördlich, ist noch Einzelfleck und klein. Nr. 116, dem Austritte nahe, scheint sich verlieren zu wollen. Nr. 118 nimmt ebenfalls sehr ab. Von 119, zu 117 gezählt, ist nichts mehr zu sehen; 117, noch sehr ansehnlich, haben sich wieder einzelne Fleckchen verloren. Die Trennung des östlichsten grössern Flecks ist vollendet, das Trennungs-Medium sehr hell. Kräftige Fackeln auf dem Ostrande, namentlich eine umfangreiche auf der südlichen Hemisphäre. Zeichnen von 117.

(Tab. II. Fig. 5.)

Hiernach ist der *Spoerer*'sche Fleck, August 11 in Peckeloh nicht beobachtet, und es heisst für Aug. 10 geradezu: „Die ganze Ostseite leer."

Ein zweites Schreiben von Herrn Professor *Heis* traf sodann am 25. Febr. 1863 ein, in Folge dessen derselbe der Sache wegen auch noch bei Herrn *Bonitz* in Lichtenberg bei Berlin angefragt, aber zur Antwort erhalten hat, dass dort weder am 10. noch 11. noch 12. Aug. Sonnenbeobachtungen hätten angestellt werden können. Dann fährt das Schreiben des Herrn Prof. *Heis* fort:

„Die letzten Tage habe ich recht fleissig zur Einzeichnung „der Sonnenflecke benutzt; aufgefallen ist mir ein Fleck (Nr. 13), „den ich am 14. (Febr. 1863) sah, nicht aber am 13., auch nicht „nach dem 14., der möglicher Weise am 14. entstand und wieder „verschwand, möglicherweise aber auch ein Planetchen sein könnte. „Ich habe deshalb an Herrn *Weber* geschrieben und denselben „um Mittheilung seiner Beobachtungen gebeten." (Tab. II. Fig. 6.)

Was nun ferner den *Spoerer*'schen Fleck (von 1863 Aug. 11) betrifft, so hatte Referent (damals noch in Unkunde über diese Wahrnehmung) unterm 24. Novbr. 1862 an Herrn Hofrath *Schwabe* in Dessau geschrieben und Letzterem unter anderen die Tage 1837 Febr. 16; 1854 Febr. 20; 1828 Aug. 14; 1845 Aug. 19 und 1862 August 23/24 als diejenigen bezeichnet, wo nach den damals gemachten Rechnungen untere Conjunctionen des von *Stark* und *Steinheibel* (1820 Febr. 12) gesehenen Körpers indirect erschienen. An diese Mittheilung war die Bitte geknüpft, die Beobachtungs-Journale der Sonnenflecke in betreffenden Jahren und Monaten zu revidiren.

Bereits unterm 29. November 1862 wurde auch Referent mit einer Erwiderung beehrt, die im Auszuge lautet, wie folgt:

„Nach Ihrem Circular und Ihrem Brief vom 24. d. M. werde „ich meine ganze Aufmerksamkeit auf die Sonnenflecke aufbieten, „obgleich ich jeden Tag darauf Acht habe. Schon mein unvergesslicher Freund *Harding* veranlasste mich „zur Aufsuchung eines Planeten innerhalb der Mer„curbahn, woraus meine Beobachtungen der Sonnen„flecke entstanden. Vom Jahre 1856 an habe ich auf Ver„langen *Carrington*'s und später des Prof. *Wolf* in Zürich meine „sämmtlichen Tagebücher seit 1826 nachgesehen. Ich musste sie „sogar Herrn *Wolf* zusenden. Er fand aber eben so wenig als „ich bis zum heutigen Tage einen Sonnenfleck, oder eine Er„scheinung, die auf den innersten Planeten deutete."

Obgleich es nach dieser Erwiderung wohl nicht zu erwarten war, dass im August 1862 zu Dessau etwas auf einen Planeten zu Deutendes auf der Sonne wahrgenommen sei, glaubte Referent es doch nicht unterlassen zu dürfen, den Brief des Herrn Professors *Spoerer*, sowie die Mittheilungen aus Münster und Peckeloh Herrn Hofrath *Schwabe* zukommen zu lassen. Die vom 2. März 1863 datirte Antwort des hochverehrten Herrn lautet vollständig wie folgt:

„Ihr Brief mit den Beilagen kam mir sehr erwünscht, nur bedaure ich, dass der kleine Fleck, welchen Herr *Spoerer* mit 92 bezeichnet, nicht in eine Karte eingetragen ist; ich vermuthe jedoch, dass er derselbe ist, der bei mir die Nr. 101 b führt.

August 6, 5^h M. fand ich bei heiterer Luft einen grossen Punkt 101^a eingetreten, bei dem ich die Bemerkung machte: „Vielleicht ein Planet.“ Da ich aber um 12^h diesen Punkt ohne merkliche Ortsveränderung etwas eckig und kleiner geworden fand, so gab ich diese Vermuthung auf. Die Luft war auch trübe und wolkig geworden, so dass ich keine spätere Beobachtung machen konnte. Dennoch fand ich um 12^h einen zweiten Punkt 101^b eingetreten.

Aug. 7 konnte ich bei sehr wolkigem Himmel weder 101^a noch 101^b bemerken.

Aug. 8 desgl.

Aug. 9 war der am 6. Aug. mit 101^b bezeichnete Punkt wieder sichtbar geworden, da aber 101^a verschwunden blieb und nicht 24 Stunden aushielt, so liess ich 101 nur für 101^b in der Reihenfolge stehen, und halte diesen Punkt für *Spoerer*'s 92.

Aug. 10, $5\frac{1}{2}^h$ M. bemerkte ich bei 101^b einen kleinen Nebenpunkt und bei 102 einen neuen Punkt eingetreten.

Aug. 11, $9\frac{3}{4}^h$ M. bestand 101^b aus vier Punkten. Spätere Beobachtungen verhinderten Wolken.

Aug. 12, bei trüber Luft schien 101^b aufgelöst und erschien auch nicht wieder.

4^h Ab. war ein kleiner behofter Kernfleck 103 eingetreten, der sich in dem Lichtgewölk befand, das ich in den „Astron. Nachr.“ Nr. 1368 beschrieb.

Dieses Lichtgewölk besteht aus 3 bis 4 grossen und einigen kleinen Ringen und bildet nach meinem Dafürhalten ein eigenes

in seiner Form sehr beständiges System, das von Nord nach Süd ungefähr 3 bis 4 Minuten im Durchmesser und ungefähr eben so viel von Ost nach West hat. Die Flecke werden theils in allen, theils in einem oder dem andern Ringe beobachtet, zuweilen bleiben die Flecke ganz aus, wo das System am Deutlichsten sichtbar ist. Von einer Verschiebung der Flecke durch Stürme kann ich mich nicht überzeugen.

Gern würde ich genauer und ausführlicher, auch besser geschrieben haben, wenn nicht ein plötzlicher Schlagfluss meine Schwester betroffen hätte; hierdurch wurde ich zerstreut und meine Zeit für andere Sachen in Anspruch genommen. Jedoch werden Sie aus diesen wenigen und flüchtigen Mittheilungen bemerken, dass ich keinen der Sonnenflecke für einen Planeten halte."

(Tab. I. Fig. 7.)

Dem angenommenen Princip nach darf auch hier das Schreiben des Herrn Dr. *Carl*, welches sich in Nr. 1404 der Astron. Nachr. pag. 181 findet, nicht übergangen werden, worin derselbe seine Sonnenfleck-Beobachtungen aus der zweiten Hälfte des Jahres 1862 mittheilt und unter Anderem sagt:

„Auch in der zweiten Hälfte dieses Jahres waren wieder einige der entstandenen Flecke von sehr kurzer Dauer, diese sind:

1	Fleck	5ter	Grösse,	entstanden	Juli 5,	verschwunden	Juli 6
1	"	"	"	"	" 25	"	Juli 26
1	"	"	"	"	Aug. 4	"	Aug. 5

In Nr. 1369 der Astron. Nachr. finden sich ähnliche aus der ersten Hälfte des Jahres 1862.

1	Fleck	5ter	Grösse,	entstanden	Jan. 27,	verschwunden	Jan. 28
1	"	"	"	"	April 7	"	April 8
1	"	"	"	"	Mai 20	"	Mai 21
1	"	"	"	"	Mai 23	"	Mai 24

Da nun auch unter diesen Münchener Beobachtungen der verdächtige *Spoerer*'sche Fleck vom 11. Aug. 1862 nicht erwähnt war, so theilte Referent die Nachrichten aus Anclam und Münster dem Herrn Dr. phil. *Carl* ebenfalls mit und ersuchte zugleich denselben um gefällige Auskunft über die Frage, ob bei jenen so rasch veränderlichen Flecken in der einen oder anderen Beziehung sich etwa besondere Eigenthümlichkeiten gezeigt hätten. Schon unterm

4./6. März 1863 wurde derselbe mit einer Rückäusserung des Herrn Dr. *Carl* beehrt, worin es heisst:

„Die Sonnenflecke wurden von mir sowohl am 11. Aug. 1862, „als am 14. Februar 1863 beobachtet, und die beiliegenden Skiz„zen geben eine Übersicht über den damaligen Fleckenstand.

„Die Zeichnung vom 11. August 1862 und auch die Beobach„tungen an den darauf folgenden Tagen liessen keinen ver„dächtigen Fleck zur Zeit der Beobachtung erkennen. (NB. die Zeit der Beobachtung ist 9^h Morgens; die *Spoerer*'sche höchst wahrscheinlich 12^h Mittags). „Was den 14. Februar 1863 „betrifft, so war vom 13. auf den 14. der kleine isolirte und hof„lose Fleck *(a)* entstanden. Derselbe war jedoch auch noch am „15. sichtbar und ist erst am 16. nicht mehr beobachtet worden.

„Im vorigen Jahre (1862) sind an drei Tagen kleine isolirte „Flecke ohne Hof als entstandene Punkte — *(a)* auf den Zeich„nungen — beobachtet worden, nämlich am 7. April, 25. Juli und „4. August, welche an den darauf folgenden Tagen nicht mehr „gesehen wurden. Besondere Eigenthümlichkeiten habe ich je„doch bei denselben nicht notirt, was sonst bei jeder Wahrneh„mung solcher Eigenthümlichkeiten stets geschieht. Alle übrigen „entstandenen und bloss an einem einzigen Tage sichtbaren Flecke „waren keine einfachen Punkte.“ (Tab. II. Figg. 8 *a — g*).

Herr Professor *Wolf* in Zürich, dem Referent ebenfalls die *Spoerer*'sche Benachrichtigung mitgetheilt hatte, schreibt unterm 4./7. März 1863, wie im Jahre 1862 der Fleckenstand von ihm notirt sei. „August 10 (2.8), Aug. 11 (3.10), Aug. 12 (3.10). Specielle Notizen habe ich keine; es geht also doch ziemlich sicher daraus hervor, dass ich am 11. keinen Fleck sah, der nicht am 12. noch da war.“

Dies ist vorläufig Dasjenige, was Referent aus andern Orten über den *Spoerer*'schen Fleck von 1862 Aug. 11 hat zusammenbringen können. Mit Rücksicht auf die Äusserung des Herrn Prof. *Spoerer:* „Da meinerseits der Fleck unzweifelhaft gesehen ist, so würde die Planeten-Erscheinung unzweifelhaft sein, wenn jene sorgfältig beobachtenden Herren den Fleck nicht gesehen haben,“ möchte Referent

dem Fleck deshalb die Planeten-Eigenschaft vindiciren, zumal da in Dessau am 11. Aug. 1862 nach 5¾ Uhr Morgens, der Wolken wegen, keine Beobachtung mehr hat angestellt werden können.

Zum Schluss dieses Abschnittes mag als Recapitulation ein nach Monaten geordnetes Verzeichniss der in der vorstehenden Sammlung enthaltenen Wahrnehmungen rasch veränderlicher Flecke auf der Sonne folgen, wobei nur diejenigen ausgelassen sind, wo von einem Vorüberfliegen die Rede ist, nämlich: *Messier* 1777 Juni 17; *Capocci* 1845 Mai 11 und *Schmidt* 1847 October 11, 1849 October 14, 1850 Februar 28.

Verzeichniss der als verdächtig angesehenen Flecke.

Januar.

1798 Januar 18. *Dangos.*
1800 Januar 17. *Flaugergues.*
1818 Januar 6. *Lofft.*

Februar.

1762 (zwischen Februar 13 und März 2. *Staudacher.*
1802 Februar 27. *Fritsch.*
1820 Februar 12. *Stark* und *Steinheibel.*
1837 Februar 16. *Pastorff.*

März.

808 März 17. (nach *Adelmus, Lycosthenes* und *Kepler).*
1701 März 29. *Cassini* u. *Maraldi.*
1799 März 25. *Fritsch.*
1800 März 29. *Fritsch.*
1859 März 26. *Lescarbault.*
1862 März 20. *Lummis.*

April.

1784 März oder April. *Dangos.*
1798 April 17. *Fritsch.*
1826 im April. *Capocci.* (Sonnenfleck — 49°).

Mai.

? 1607 Mai 28. *Kepler.*
1764 Mai (1 – 5). *Hoffmann.*
1832 Mai 5. *Schenk* (bei Mercursdurchgang).

Juni.

1706 Juni 4. *Cassini.*
1761 Juni 5/6. *St. Néost, Scheuten* u. *Lambert's* Freunde.
1799 Juni 5. *Fritsch.*
1819 Juni 26. *Stark.*
1819 Juni 27. *Lindner.*
1855 Juni 11. Dr. *Ritter.*

Juli.

1798 Juli 2. *Flaugergues.*
1819 Juli 26. *Gruithuisen.*
1823 Juli 24 u. 25. *Pastorff.*
1826 Juli 31. *Stark.*
1847 im Juli. *Scott* und *Wray.*

August.

1705 August 3. *Cassini.*
1862 August 11. Dr. *Spoerer* in Anclam.

September.

1857 September 12. *Ohrt.*

October.

1799 October 23/24. *Fritsch.*
1802 October 10. *Fritsch.*
1819 October 9. *Stark.*
1822 October 23. *Pastorff.*
1823 October 23. *Biela.*
1836 October 18. *Pastorff.*
1839 October 2. *de Cuppis.*

November.

1762 November 19. *Lichtenberg.*
1836 November 1. *Pastorff.*

December.

1823 December 23. *Pons?*
1820 Decemb. 18. *Flaugergues?*

1862 December 31. Stern nahe südlich unter der Sonne während der Total-Eclipse. (cf. Anhang.)

ANHANG.

Hat sich bei den bisherigen Beobachtungen totaler Sonnenfinsternisse Nichts wahrnehmen lassen, was auf einen Planeten der fraglichen Art bezogen werden könnte?

In den Comptes Rendus vom 12. Septbr. 1859 findet man, dass Herr *Faye* die Idee anregte, die in Spanien totale Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860 zur Aufsuchung des Körpers zu benutzen, den man in Verdacht hatte, die erforderlich erachtete Vermehrung der Säcularbewegung des Mercur-Perihels um 38″ zu verschulden. Widrige Verhältnisse haben es dem Vernehmen nach leider verhindert, dass Herr *Faye* selbst, oder die von ihm ausgedachten sinnreichen Apparate sich bei jener Gelegenheit in Spanien befunden haben.

Herr Staatsrath *Mädler* sagt in seiner (im 28. Bande der Verhandlungen der Kaiserlich Leopoldino-Carolinischen deutschen Academie enthaltenen) Abhandlung über totale Sonnenfinsternisse mit besonderer Berücksichtigung der Finsternisse vom 18. Juli 1860, pag. 9, dass er gefunden, wie bei jener Sonnenfinsterniss die vier hellsten Hauptplaneten (Jupiter, Saturn, Venus und Mercur) sämmtlich in der Nähe der Sonne stehen würden, und dass *Le Verrier*, als er in der (Pariser) Academie dieses Fundes gedachte, daran die Erwartung geknüpft habe, dass es gelingen möchte, entweder den von *Lescarbault* gesehenen, oder einen andern der zwischen Mercur und Sonne vermutheten Planeten zu sehen und durch ein rasches Alignement mit Jupiter und Venus seinen Ort zu bestimmen. In einem auch in den Monthly Notices, Vol. XX., pag. 195 seq. in der Übersetzung aus dem Französischen abgedruckten Aufsatze vom 17. Febr. 1860 giebt Herr *Radau*, gestützt auf eine Combination der Beobachtung von *Fritsch* (10. Octbr. 1802), der von *Starck* (1819 Octbr. 9) und der *Lescarbault*'schen (1859 März 26) berechnete Orte des hypothetischen Planeten für 1860 Juli 18 nach 4 verschiedenen Annahmen über dessen Umlaufszeit. Dass diese Nachforschungen von Erfolg gewesen wären, darüber hat bisjetzt, wo über 2 Jahre seitdem verflossen sind, Nichts verlautet.

Nach den in Vittoria in Spanien unter *Mädler*'s Direction angestellten Beobachtungen ist es erwiesen, dass bei totalen Sonnenfinsternissen unter günstigen Verhältnissen noch allenfalls Sterne

3ter Grösse mit freiem Auge gesehen werden können, wenn man deren Ort genau kennt, und durch nichts Anderes die Aufmerksamkeit abgezogen wird. „Behufs dieser Entwickelung war (— so heisst es — pag. 13 des oben citirten Werkes) eine künstliche „Halbkugel, auf der die wichtigsten Sterne für den Horizont von „Vittoria durchscheinend angegeben waren, vorgerichtet, und auf „einem besonderen Fussgestell von 4 gegen einander geneigten „Pfählen so aufgestellt, dass sie der Himmelsstellung während der „Total-Finsterniss so genau als nöthig entsprach. Unter dieser „Halbkugel befand sich der Diener der Sternwarte Dorpat *(Martin „Saar)*, der sich eines scharfen Auges erfreut und mit der gegenseitigen Stellung der Sterne nicht ganz unbekannt ist, und be„zeichnete die von ihm am Himmel wahrgenommenen Sterne mit „Bleistift an der innern Fläche der Halbkugel. In dieser Weise „hat er aufgefunden: Jupiter fünf Minuten vor der Totalität, Venus „bald darauf (NB. Herr *Schultz* aus Hannover, der unmittelbar „neben *Saar* beobachtete, sah Venus schon 15^m vor Anfang der „Totalität, Jupiter später; vergl. pag. 15 und Astron. Nachrichten „№ 1308, pag. 191) und während der Totalität Saturn, Mercur, „Castor, Pollux, Regulus, Capella, β Aurigae, Procyon, β Canis „minoris, γ Leonis, die sämmtlich an einer Seite des Himmels „stehen und die kurze Zeit so in Anspruch nahmen, dass für „weitere Untersuchungen kein Raum blieb. β Canis minoris ist „dritter Grösse, es hätte also wenigstens die 6fache Anzahl wahr„genommen werden können, wenn der Himmel überall heiter ge„wesen wäre, und man sich mit einer blossen Zählung ohne be„stimmte Bezeichnung hätte begnügen wollen. Ich hielt es aber „für besser, wenige und bestimmte, als mehrere aber unbestimmte „Sterne aufzusuchen."

(Wegen der bei früheren totalen Finsternissen mit freiem Auge gesehenen Sterne kann man auch noch z. B. vergleichen: *Arago*'s populaire Astronomie. Deutsche Ausgabe von *Hankel*, Band 3, pag. 458 und 459).

Referent hat es für zweckmässig gehalten, Obiges voraufzuschicken, weil dadurch die Beurtheilung des Folgenden erleichtert werden möchte.

In einem Nachtrage zu obigem Werke über totale Sonnenfinsternisse etc. (Band 29 der Verhandlungen der kaiserl. deutschen

Academie) ist pag. 37 die zu Guapo und St. Fernando auf der Insel Trinidad an der Nordküste Südamerika's angestellte Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 30./31. Decbr. 1861 mitgetheilt.

In Guapo (61° 42′ westl. Länge von Greenwich und 10° 11′ nördl. Breite) wurde beobachtet:

Anfang der Totalität	$8^h 26^m 25^s$
Ende „ „	8 27 20
Dauer	55

wobei bemerkt wird, dass die Beobachter keine Mittel hatten, den Stand ihrer Uhr genau zu berichtigen, und dass daher die angegebenen Momente nur für die Dauer einen Werth haben.

Dann heisst es:

„Schon vor der Totalität wurden einige Sterne mit blossem „Auge gesehen, muthmasslich Jupiter und Spica. Während der „Totalität sahen mehrere Personen einen Stern nahe „südlich unter der Sonne. Herr *Warren* glaubt, dass „es σ Sagittarii gewesen sei."

Referent vermag diese Vermuthung nicht völlig zu theilen, und zwar sowohl wegen der Lage des Sternes gegen den damaligen Sonnenort, als wegen der Grössenclasse.

Allem Anschein nach soll die Beschreibung: „ein Stern nahe südlich unter der Sonne" sich nicht auf Declinationsunterschiede, wie sie eine parallactische Maschine ergeben haben würde, beziehen, sondern die „mehrere Personen," die ihn sahen, werden damit einfach die Lage gegen den Horizont haben bezeichen wollen.

Setzt man für die Beobachtungszeit 1861 Decbr. 30, $20^h 27^m$ mittl. Z. Guapo = 1861 Decbr. 31, $0^h 33^m 6^s$ m. Z. Greenwich.

AR der Sonne	= 280° 45′ 1″,	Decl. der Sonne	= −23° 5′ 18″
AR σ Sagitt.	= 281 40 38	„ σ Sagitt.	= −26 27 51,

(aus B. A. Catal. № 6440).

so erhält man (ohne Rücksicht auf Refraction und Sonnen-Parallaxe)

Höhe des Sonnenmittelp.	= 27°28′5 u. östl.	Azimuth der Sonne	= 57° 8′8
Höhe des Sterns	= 25 13,1 „ „	„ des Sterns	= 54 11,6

und damit ist der Abstand des Sterns vom Sonnen-Mittelpunkt = 3° 28′7, Höhendifferenz = 2° 15′4; Azimuthal-Differenz dagegen = 2° 57′ 14″. Die Azimuthal-Differenz überwiegt also die Höhen-

differenz um mehr als 41′, und die Bezeichnung „nahe südlich unter der Sonne“ passt daher nicht. Man hätte mindestens sagen müssen, der Stern habe südwestlich von der Sonne gestanden, wollte man aber keine zusammengesetzte Bezeichnung anwenden, so hätte man nicht „südlich,“ sondern „westlich“ angeben müssen.

Nun ist σ Sagittarii ein Stern, der in den Catalogen als 3ter Grösse angegeben ist; β Canis minoris ist ebenfalls 3ter Grösse. Referent möchte glauben, dass σ Sagittarii noch etwas lichtschwächer, als β Canis min. ist. Zwar lassen sich bei der nahezu 12^h betragenden AR Differenz beider Sterne directe Vergleiche nicht anstellen, und selbst durch successive Vergleichung mit zwischenliegenden Sternen wird in unseren nordischen Breiten die Vergleichung wegen der starken südlichen Declination des Schützen schwierig, und man wird diese Sterne meistens leicht zu schwach schätzen.

Inzwischen findet man in dem Werke des jüngeren *Herschel* über seine am Cap der guten Hoffnung angestellten Beobachtungen pag. 353 seq. gerade auch über die vergleichsweise Lichtintensität von σ Sagittarii ein reiches Material. Dort setzt *Herschel* z. B. pag. 367 (die Lichtmenge von α Centauri = Eins angenommen). ζ Orionis = 0, 123, κ Orionis = 0,120, σ Sagittarii = 0, 116, β Can. min. findet sich nicht unter den *Herschel*'schen Vergleichsternen (denn der dort genannte β Canis ist offenbar der aus dem grossen Hunde). Über β Canis minoris hat der ältere *Herschel* (vergl. *Bode*'s astron. Jahrb. pro 1809, pag. 210) nur sehr dürftige Angaben. Bei den wenigen Vergleichungen, die Referent selbst seit Beginn vorigen Herbstes zwischen κ Orion u. β Canis min. anstellen konnte, hat derselbe zwischen den Lichtmengen beider bei nahezu gleichen Höhen keinen erheblichen Unterschied finden können. Mehr Licht als β Canis min. wird daher σ Sagittarii wohl nicht besitzen.

Nun ist es, wie wir gesehen haben, durch *Mädler*'s besondere Vorkehrung zwar gelungen, β Can. min. bei der Sonnenfinsterniss von 1860 (also einen Stern 3ter Grösse) zu entdecken, aber dieser Stern stand damals über 40° von der Sonne ab, während bei σ Sagitarii es sich nur um 3° 29′ handelt und dieser Abstand noch auf eine Strecke von 16′ 18″ vom Halbmesser der Sonne eingenommen wird. Bei der totalen Sonnenfinsterniss von 1860,

welche vom Referenten auf dem Octogon-Thurme (cimbório) der Kathedrale von Valencia beobachtet wurde (vergl. Astron. Nachr. № 1294 pag. 337) blieb nach eingetretener Totalität die Region 4 bis 5 Grade um den Sonnenort herum sehr viel heller, als der nun nach allen Seiten folgende Himmelsgrund. Ref. vermag nicht anzunehmen, dass es in Valencia möglich gewesen wäre, selbst mit der von *Saar* benutzten Vorrichtung, in dieser Sonnennähe einen Stern 3ter Grösse mühsam wahrzunehmen.

Ein Stern daher, der auf Trinidad etwa 3° von der Sonne mehren Personen ohne Weiteres erkennbar war, musste mehr Licht haben. Ein solcher heller Fixstern steht aber in der bezeichneten Gegend nicht.

Hiernach dürfte die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein, dass jener Stern ein unterer Planet gewesen ist, den wir noch nicht kennen. Ref. will Letzteres keineswegs positiv behaupten, hat aber doch geglaubt, jene Wahrnehmung bei der gegenwärtigen Zusammenstellung mit anführen zu müssen. Die Erfahrung bei Venus am 18. Juli 1860 (an welchem Tage sie um $13^h 13^m$ mittl. Z. Greenw. nach dem Naut. Almanac in die untere Conjunction kam), hat ergeben, wie hell sie bei einer geocentrischen Breite von $5\frac{1}{2}°$ und einer heliocentrischen Breite von etwa 2° 12′ während der Totalität (um $3^h 8^m$) strahlte. Wenn daher auch jener hypothetische Planet in der Nähe seiner untern Conjunction sein mochte, so würde dadurch die Möglichkeit der Sichtbarkeit noch nicht a priori unbedingt ausgeschlossen erscheinen.

Zweites Capitel.

Von den Wahrnehmungen, welche von Einigen auf die Existenz eines Venusmondes bezogen sind.

Falls es im Sonnensystem noch unbekannte Planeten giebt, so ist die Möglichkeit einer vorübergehenden nahen Conjunction derselben mit Venus nicht zu läugnen. Elongation und Phase bei den verschiedenen Fällen können dann dahin leiten, über die Entfernung derselben von Erde und Sonne Anhaltspunkte (wie auch unter Umständen nur negative) zu gewinnen. Die Idee, dass man wenigstens bei einem Theile der auf den Venusmond bezogenen Wahrnehmungen an einen oder an mehre solcher Hauptplaneten

denken könne, liegt sehr nahe. Sie ist auch, wovon sich Referent (als er die Zusammenstellungen seiner Sammlungen behufs gegenwärtigen Aufsatzes beinahe beendigt hatte), mit Vergnügen überzeugt hat, durchaus nicht neu. Vielmehr findet man in *Bode*'s astronom. Jahrb. für 1805 p. 234 seq. folgende Stelle aus einem Schreiben des Dr. *Koch* zu Danzig vom 24. August 1802:

„Ein ungenannter Mathematiker äussert im Aprilstück der vor„gedachten Monatsschrift (d. h. der *Zach*'schen monatl. Correspondenz) „in einem Schreiben an Herrn *Bernoulli* vom 10. November „1781 den Gedanken, dass vielleicht durch verschiedene nahe „Zusammenkünfte des Uranus mit der Venus, jene, einst die Auf„merksamkeit aller Astronomen auf sich ziehenden, immer aber „sehr kurzen Erscheinungen eines vermeintlichen Venus-Traban„ten, bewirkt worden. Ich habe nun gefunden: dass bei allen „jenen bekannt gewordenen Erscheinungen Uranus nur den 4. März „1764*) der Venus nahe genug war, um für einen Nebenplaneten „von ihr gehalten werden zu können. Nämlich um $6^h 26^m$ sahe „*Roedkier* zu Copenhagen den Abends vorher zum ersten Mal „wahrgenommenen vermeintlichen Trabanten zum zweiten Male, und „Uranus war nur 16½′ von der Venus entfernt. Eine Stunde spä„ter, da er den Trabanten (wie er glaubte, wegen eines damaligen „Nordlichts) nicht mehr erkennen konnte, fand er in der Nähe „der Venus zwei Sterne, die er beide für Fixsterne hielt, deren „einer aber höchst wahrscheinlich Uranus war.

„Sonst lässt sich an den Uranus bei jenen Erscheinungen „schon daher nicht wohl denken, weil der vermeintliche Trabant „sich durch Fernröhre in einer der Venus ähnlichen Lichtgestalt „darstellte. Dieser Umstand macht, dass, wofern man nicht, trotz „allen bisherigen fruchtlosen Bemühungen, selbigen von Neuem „zu erblicken, gleichwohl dessen Dasein behaupten, oder aber „mit *Hell* die ganze Erscheinung für optischen Betrug erklären „will, man schlechterdings genöthigt ist, das Dasein eines kleinen „uns bis jetzt noch unbekannten unteren Hauptplaneten anzuneh„men, der sich damals in naher Conjunction mit der Venus be„fand und irrig für ihren Trabanten angesehen wurde. Ich kann

*) Anmerk. des Refer. Weder im März 1764 noch Februar 1761 konnte dies Phänomen durch Neptun bewirkt werden.

„nicht läugnen, dass ich an einen solchen Planeten, seit Entdek-„kung der Pallas stark glaube! da letztere zu einem bündigen Be-„weise dient, dass mein Glaube mit der Unverletzbarkeit des Pro-„gressionsgesetzes gar wohl bestehen kann. Denn haben Ceres „und Pallas fast genau einerlei mittleren Abstand von der Sonne, „so steht nichts der Meinung entgegen, dass es auch noch einen „Hauptplaneten gebe, dessen mittlerer Sonnenabstand dem der Ve-„nus beinahe gleich, dessen Grösse aber gegen die der letztern „nur geringe sei.

„Zufolge der vom Herrn Professor *Wurm*, nach der Formel „des Progressionsgesetzes, berechneten Tafel für die Haupt-Ele-„mente der Planeten (Jahrbuch 1790 p. 168) ist der mittlere Ab-„stand des 2ten Hauptplaneten von der Sonne = 0,680; der durch „Beobachtungen bestimmte der Venus aber ist hiervon um + 0,043 „verschieden. Nimmt man nun an: des noch unbekannten unte-„ren Hauptplaneten mittlerer Sonnenabstand sei von jenem berech-„neten beiläufig um — 0,043 verschieden; und die Bahnen beider „Himmelskörper seien sehr stark gegen einander geneigt; so wird „man leicht einsehen, dass, wenn beide einander nahe genug wa-„ren, um (wie es bei jenen Erscheinungen der Fall war) im Felde „eines ziemlich stark vergrössernden Fernrohrs zugleich gesehen „werden zu können, diese Nähe nur von kurzer Dauer sein konnte. „Nimmt man ferner noch an: jener unbekannte Planet sei, wegen „eines beträchtlich grossen dunkeln Theils seiner Oberfläche, wäh-„rend einer Rotations-Periode, sehr starken Lichtabwechselungen „unterworfen: so lassen sich hiernach alle übrigen Venustrabanten-„Erscheinungen auf eine ganz befriedigende Art erklären. *)“ **)

*) Anmerk. von *Bode:* „Allein der vermeintliche Venustrabant wurde „unter andern z. B. im Jahre 1764 von *Rödkier*, *Horrebow* und „*Montbarron*, den 3., 4., 10., 11., 15., 28. und 29. März alle-„mal sehr nahe bei der Venus gesehen; die Venus legte aber in „dieser Zwischenzeit fast den 9ten Theil ihrer Bahn zurück und lief „über 31° am Himmel fort; wie hätte sich der vorausgesetzte Pla-„net so lange auf allen Seiten nahe bei der Venus aufhalten, hin-„gegen den 3., 4., 7., 11. Mai 1761, da inzwischen Venus nur „etwa 2° fortrückte, allemal 20 bis 25′ von derselben süd- oder „nordwärts erscheinen können? S. Ephem. 1777. p. 186.“

**) Anmerk. des Ref. Die sämmtlichen Beobachtungen aus den Jahren 1764 sind aber, wie sich weiter unten zeigen wird, äusserst

Referent hat inzwischen nicht finden können, dass jemals der Versuch gemacht wäre zur rechnungsmässigen Combination jener Beobachtungen, wenn man sie eben nicht auf einen Trabanten der Venus deuten will.

Um zu solchen Combinationen einen Anfang zu machen, war es zunächst erforderlich, die uns über den angeblichen Venusmond gewordenen Ueberlieferungen um so vollständiger zu sammeln und im Auszuge wiederzugeben, als die Originalwerke, worin sie enthalten, ausnahmslos dem vorigen Jahrhundert angehören und daher nicht ohne Weiteres einem Jeden zugänglich sind. Referent hat wenigstens viel Zeit, Mühe und Geld anwenden müssen, um den Einblick in jene Werke zu erlangen.

Die benutzten Quellen sind hauptsächlich folgende:

1) die französische Encyclopädie;

2) der Aufsatz von *Hell* in dem Anhang der Wiener Ephemeriden pro 1766;

3) die grosse Abhandlung von *Lambert* in den Berliner Memoiren der dortigen Academie der Wissenschaften von 1773, pag. 222 seq. „Essai d'une théorie du Satellite de Venus";

4) der Aufsatz von *Lambert* im Berliner astron. Jahrbuche für 1777, pag. 178 seq. Vom Trabanten der Venus;

5) der denselben Gegenstand betreffende Aufsatz von *Lambert* im Berliner astron. Jahrbuche für 1778, pag. 186 seq.

Aus allen diesen sich gegenseitig ergänzenden Quellen wird in dem Nachfolgenden nur so viel im Auszuge gegeben werden, als erforderlich ist, um die Thatsachen an's Licht zu stellen. Dagegen ist regelmässig dasjenige weggelassen, was sich auf die Folgerungen und die Beobachtungen für die Bahn des angeblichen Venusmondes durch *Lambert* bezieht. Auch die ausführlichen Darlegungen sind weggeblieben, durch welche *Hell* zu zeigen beabsichtigt, dass und unter welchen Voraussetzungen, sich die auf einen Venusmond bezogenen Wahrnehmungen auf optisches Blendwerk zurückführen lassen. Wer sich für diese Ausführungen interessirt, mag sie in den Quellen studiren. Um sie hier weglassen zu können und die Leser in den Stand zu setzen, sich ein eigenes

unbestimmt, und die *Hell*'schen Einwendungen, dass es optische Illusionen gewesen, finden auf dieselben am ehesten ihre Anwendung, auf die aus andern Jahren aber viel weniger.

Urtheil zu bilden, sind die Facta selbst mit den sie begleitenden Nebenumständen desto vollständiger wiedergegeben. Einige in diesen Auszügen nicht vorkommende Nebenumstände sind im 3ten Theile dieses Aufsatzes noch hervorgehoben, weil es sich dort kürzer und verständlicher, als an dieser Stelle thun liess.

Uebersetzungs-Auszug aus dem Artikel Venus, im 35sten Bande der „Encyclopédie ou Dictionaire raisonné des sciences, des arts et des métiers“ (Berne et Lausanne chez les sociétés typographiques 1781) pag. 257.

„Die erste Beobachtung des Satelliten verdanken wir *Cassini* in seinem Werke: „découverte de la lumière zodiacale (in fol. 1685 Paris Seb-Cramoisi pag. 45) „Um $4^h 15^m$ am 28. Aug. 1686, als ich Venus mit dem 34füssigen Fernrohre betrachtete, sah ich $\frac{3}{5}$ ihres Durchmessers gegen Osten, ein unförmliches Licht (lumière informe), welches die Phase der Venus zu imitiren schien, deren Rundung an der westlichen Seite vermindert war. Der Durchmesser dieses Phänomens war ungefähr gleich dem 4ten Theile des Venus-Durchmessers. Ich beobachtete es aufmerksam eine viertel Stunde hindurch, und nachdem ich die Beobachtung 4 bis 5 Minuten unterbrochen hatte, sah ich es nicht mehr; „mais le jour était grand.“

Cassini hatte ein ähnliches Licht, welches die Venus-Phase imitirte, am 25. Januar 1672 10 Minuten lang gesehen, von $6^h 52^m$ Morgens bis $7^h 2^m$ Morgens, als die Helligkeit der Dämmerung dieses Licht verschwinden liess.

Die Mehrzahl der Astronomen suchte diesen Satelliten (?) vergeblich, bis auf *Short*, der ihn 54 Jahre später mit einem Fernrohre von 16 Zoll wieder sah. Da diese Beobachtung eine von denen ist, welche am stärksten die Existenz des Venus-Trabanten constatirt, bei der Unmöglichkeit der Annahme, dass der Beobachter sich durch optische Illusionen täuschen liess, verdient sie eine besondere Aufmerksamkeit, und deshalb will ich sie so rapportiren, wie sie sich in den Philosophical Transactions und der Histoire de l'académie de 1741 *) findet.

*) Hier steht ebenfalls 1741, nicht 1740, aber pag. 259 ist von einem Rapporte des Herrn *Short* von 1740 die Rede, und pag. 260 nochmals gesagt 1740. Vom 28. August 1686 bis 3. Novbr. 1740 sind 54 ganze Jahre + die Tage 28. Aug. 1740 bis 3. Novbr. 1740. Die

Short erblickte zu London am 3. Novbr. 1741 *) Morgens mit einem Telescope von 16½ Zoll, welches den Durchmesser des Gegenstandes 50 bis 60 mal vergrösserte, etwas wie einen kleinen Stern, sehr nahe bei der Venus, worauf er, nachdem er ein stärkeres Ocular und ein Micrometer eingesetzt hatte, die Distanz des kleines Sterns von Venus = 10′ 20″ fand. Da Venus sehr deutlich erschien und der Himmel sehr heiter war, so nahm er 3 und 4 fach stärkere Oculare, und sah, dass der kleine Stern eine Phase hatte und zwar dieselbe Phase wie Venus. Sein Durchmesser war ein wenig kleiner als ein drittel Diameter der Venus; sein Licht weniger lebhaft, aber gut begrenzt. Le grand cercle qui passait par le centre de Venus et de ce satellite (qu'il serait difficile de qualifier autrement) machte ungefähr einen Winkel von 18 bis 20° mit dem Aequator. Der Satellit war ein wenig gegen Norden von Venus, und ging Venus in AR voran. *Short* betrachtete ihn zu verschiedenen Malen (à différentes reprises) und mit verschiedenen Telescopen eine Stunde lang, bis das Tageslicht ihn ihm gänzlich raubte. Vergeblich suchte *Short* in der Folge neue Beobachtungen dieses Satelliten zu machen. Er konnte das nicht wieder entdecken mit seinem famösen Telescop von 12 Fuss (das grösste, was bisher gemacht war), was der Zufall ihn in einem Telescope von 16½ Zoll dargeboten hatte. Es schien also, dass man noch über die Existenz des Satelliten zweifelhaft sein muss, da man in allen nachherigen Beobachtungen der Astronomen von Europa davon keine Spuren findet bis zum Jahre 1761. Die Observationen dieses Satelliten werden von nun an häufiger.

Die berühmte Venus-Passage von 1761 liess den Eifer der Gelehrten wieder aufleben. Während man sich beeiferte, die Academiker in allen bewohnbaren Theilen der Welt reisen zu lassen, liess Herr *Baudouin* auf dem Observatorio der Marine (rue des Mathurins) ein Fernrohr von 25 Fuss aufstellen, und nahm sich vor, Nachforschungen über die Existenz des Gestirns anzustellen. Er glaubte sich behuf dieser Arbeit mit einem von der

Zahl 1741 statt 1740 ist dadurch ebenfalls in der Encyclopédie erklärlich, dass die *Short*'sche Observation sich in den Acten der Pariser Academie für das Jahr 1741 findet; als aus einem Briefe von *Turner* an *Coste* entlehnt (conf. Histoire etc. p. 17).

Hauptstadt entfernten Astronomen associiren zu sollen, auf dessen Eifer er zählen konnte. Er engagirte deshalb Herrn *Montaigne* von der Gesellschaft zu Limoges, sich der Aufsuchung dieses Planeten zu widmen (dies sei geglückt). Es war dem Observator von Limoges vorbehalten, den Satelliten zu suchen unter einem der glücklichen Umstände, wo er nicht allein sichtbar ist, sondern wo er nur mässige Fernröhre erfordert.

Er erblickte also am 3. Mai 1761 um $9\frac{1}{2}^h$ Abends, in ungefähr 20′ Distanz von Venus „un petit croissant assez faible, et situé de la même manière que Vénus“; der Durchmesser dieses kleinen „croissant“ war ungefähr $\frac{1}{4}$ der des Planeten, und die vom Mittelpunkte der Venus nach dem Mittelpunkte des Satelliten geführte Linie machte mit dem Verticale dieses Planeten und unter demselben nach Süden hin einen Winkel von ungefähr 20°.

Am folgenden Tage, 4. Mai, zu derselben Stunde, bemerkte unser Observator noch dasselbe Phänomen, aber ein wenig entfernter um ungefähr 30″ oder 1′ und in dem nördlichen Theile in Beziehung auf den Vertical der Venus, mit welchem er einen Winkel von ungefähr 10° bildete.

Am 5. und 6. Mai konnte man keine Beobachtungen machen wegen eines dicken Nebels, welcher sich in der Atmosphäre bis zur Höhe der Venus befand und von der man kaum den Discus zu observiren vermochte. Glücklicher war man am 7., wo man nochmals den Satelliten, immer in einer Distanz von ungefähr 25′ bis 26′ vom Centro der Venus, aber oberhalb (au dessus) derselben gegen Norden in einer Ebene, welche durch den Planeten ging, beobachtete. Der Satellit machte einen Winkel von 45° mit der Venus.

In den folgenden Tagen wurde der Satellit durchaus nicht erblickt (les jours suivants le satellite ne fut point apperçu) bis zum 11. desselben Monats, wo er nochmals gegen 9^h erschien, immer nahezu in derselben Distanz von Venus, in dem er nochmals einen Winkel von 45° mit dem Vertical, aber in der südlichen Partie, bildete. Es ist sehr bemerkenswerth, dass der Satellit in gleicher Weise erschien, man mochte nun Venus mit in das Gesichtsfeld des Fernrohrs bringen, oder wenn Venus nicht im Felde war, aber dass er ihn mit grösserer Leichtigkeit erblickte, wenn Venus ausserhalb des Feldes war, und er den Tra-

banten darin behielt. (Die Beobachtungen an *Baudouin* gesandt). Das Fernrohr des Herrn *Montaigne* war nicht mit einem Micrometer versehen, und alle seine Distanzen sind nur durch Schätzungen fixirt. Zu bemerken ist inzwischen, dass man daraus mit hinlänglicher Sicherheit schliessen kann, dass die Bahn des Satelliten ungefähr perpendiculair auf der Ecliptik stehen muss, dass die Knotenlinie ungefähr in 22° Jungfrau fallen würde, und dass er ungefähr eben so entfernt von der Venus wäre, wie der Mond von der Erde.

Unter den Erscheinungen giebt es andere von demselben Jahre (also 1761), die von verschiedenen Beobachtern und in sehr verschiedenen Ländern rapportirt werden. Eine der merkwürdigsten ist ohne Widerspruch die des Pater *La Grange,* eines Jesuiten. Dieser Gelehrte cultivirte zu Marseille die Astronomie seit einer Reihe von Jahren mit ausgezeichneten Instrumenten, unter anderen mit dem Telescop des Pater *Pezenas* von 6 Fuss Brennweite, von *Short* im Jahre 1756 construirt, das 800 mal vergrössert, und das der Wirkung eines gewöhnlichen Fernrohrs von 1600 Fuss gleich ist. Seine anerkannte Erfahrung und die Genauigkeit in den Beobachtungen machen diejenigen Observationen kostbar, welche wir gleich berichten wollen. Er sah nichts von einer Phase, wie solche von den anderen Beobachtern wahrgenommen war und (was nicht weniger überraschend ist) es schien ihm, als ob dies kleine Gestirn eine auf die Ecliptik senkrechte Richtung verfolgte. Diese Richtung, die dem Vorangehenden zufolge sich an dasjenige anschloss, was sich aus dem Limoger Beobachtungen ableiten liess, erschien dem Pater *La Grange* so befremdlich, dass er ohne Umstände alle Schlussfolgerungen aufgab, welche er aus seinen Beobachtungen geschlossen hatte. *) Diese Beobachtungen waren in der Zeit vom 10. bis zum 12. Febr. 1761 an 3 verschiedenen Tagen angestellt.

*) Es ist hier vielleicht der beste Ort, auf eine Stelle bei *Hell* aufmerksam zu machen, wo er mittheilt, dass er über dasjenige, was ihm *Wargentin* in der Angelegenheit wegen des Venus-Mondes geschrieben, nichts sagen wolle, wenig über das, was ihm *Messier* geschrieben: „nihil etiam de litteris Patris nostri *La Grange,* quibus me certiorem reddidit, Satellitem hunc Veneris sibi nunquam visum.“

Wir verbinden hiermit die Erscheinungen dieses Satelliten zu Auxerre. Am 15., 28. u. 29. März 1765 **) gegen 7½ Uhr Abends wiederholte Herr *von Montbarron* (Präsidialrath zu Auxerre) seine Beobachtungen mit einem Fernrohre von 32 Zoll; wechselte darin den kleinen Spiegel, veränderte die Oculare, hielt Venus ausserhalb des Gesichtsfeldes, während er den Satelliten beobachtete, liess ihn während ganzer Stunden von einer Anzahl Personen sehen, und vernachlässigte von allem Demjenigen nichts, was die Gewissheit der Erscheinung dieses Gestirns vermehren (accroître) konnte.

Man findet auch in dem Journal étranger, August 1761, eine aus der „London evening post" genommene Beobachtung, welche dem Herausgeber jenes periodischen Blattes, mittelst eines Schreibens vom 6. Juni, von Saint-Neost, in der Grafschaft Hatingdor, mitgetheilt war. Diese Beobachtung ist um so bemerkenswerther, als sie während der Passage der Venus vor der Sonne angestellt war. In der That, während der englische Beobachter mit dieser famösen Passage beschäftigt war, bemerkte er ein Phänomen, welches ihm auf dem Sonnen-Discus einen von dem Gange der Flecken verschiedenen Weg zu beschreiben schien. Sein Telescop liess ihn wahrnehmen, dass es dieselbe Linie wie Venus beschrieb, aber näher an der Ecliptik. Nichts destoweniger wäre zu wünschen, dass diese Beobachtung „fut révetue de caractères plus authentiques", denn wie sollte man sich einbilden, dass ein solches Phänomen allen anderen Beobachtern in allen andern Theilen der Welt entgangen wäre. Man hat, wie dem auch sein mag, Grund zu der Annahme, dass man in England noch andere Beobachtungen des Venus-Satelliten besitzt. Es scheint, dass man dort an dessen Existenz nicht zweifelt, nach demjenigen, was Herr *Bonnet* in seinem ersten Buche der „considérations de nature" sagt.

Bei seiner Reise nach London im Jahre 1764 hat *de la Lande* Herrn *Short* über alle Einzelheiten seiner Beobachtung befragt, der seitdem die von ihm im Jahre 1740 beobachtete Phase hat graviren lassen und als Pettschaft führt.

**) Diese Zahl muss offenbar in 1764 umgeändert werden, da Venus im März 1765 nicht Abendstern, sondern Morgenstern war.

Uebersetzungs-Auszug aus dem grösseren Werke Encyclopédie méthodique (Mathématiques. III. Theil.)

Unter Buchstaben „S“ und Artikel „Satellites“ findet man noch einen Artikel von *La Lande*, der auf die obigen Artikel der Encyclopédie verweisst. Er sagt, dass *Short*, als er ihn 1763 gesprochen, an den Venustrabanten nicht geglaubt zu haben scheine. Obgleich darin Anfangs das Jahr der Beobachtung von *Short* als 1741 angegeben ist, steht nachher wieder 1740, welche Zahl auch schon um deswillen als definitive angesehen werden muss, weil Venus im Novbr. 1741 nicht Morgenstern, sondern Abendstern war. — Was das Datum der *Short*'schen Observation von 1740 Nov. 2 17^h betrifft, so wird darüber noch folgende Bemerkung am Platze sein. In England entschloss man sich erst im Jahre 1752 zur Annahme der *Gregoriani*'schen Calender-Verbesserung, welche in Frankreich schon seit dem 5.—15. Oct. 1582, in Deutschland (von den Protestanten) und Dänemark schon seit dem 19. Febr. bis 1. März 1700 eingeführt war. Mit Rücksicht hierauf sagt *Lambert* (Mémoires de Berlin pour 1773, pag. 232, § 15 in seinem Essai d'une théorie du satellite de Vénus): „J'ignore si le jour indiqué est du vieux „style dont on se servait encore en Angleterre en 1740. — La „différence de 11 jours qu'il y a entre les deux styles, fait une „révolution de plus pour le satellite. Ainsi à cet égard elle n'est „pas d'une grande conséquence.“ Das war denn allerdings wohl nicht von Wichtigkeit, wenn es sich thatsächlich um einen Satelliten handelte, der zufällig auch gerade 11 Tage Umlaufszeit um seinen Hauptplaneten hatte, für uns aber würde eine Differenz von 11 Tagen von grosser Importenz sein können, wenn es sich um einen Planeten handelt. In der That macht *Lambert* nachher (pag. 239 § 23) noch eine besondere Berechnung des Satelliten für den 13. Nov. 18^h wegen dieses seines Zweifels. Referent hat aber geglaubt, dass das Datum Nov. 2 17^h, welches der von *La Lande* verfasste Artikel der französichen Encyclopédie giebt, das richtige und bereits auf den neuen Calender reducirte ist, weil *Arago* (Band 2, pag. 473 der deutschen Ausgabe der populairen Astronomie) das Datum der *Short*'schen Beobachtung auf den 23. October 1740) setzt, was mithin nach dem alten Style zu verstehen ist, worin es in der Original-Mittheilung *Short*'s höchst wahrscheinlich gegeben ist. *Arago* sagt bei dieser Ge-

legenheit noch: „Um zu beweisen, dass die Instrumente bei dieser (*Short*'schen) Beobachtung im guten Stande sich befanden, bemerke ich (d. h. *Arago*) noch, dass *Short* an demselben Tage zwei dunkele Flecke auf der Venusscheibe erkannte."— Dann wird noch gesagt (Encycl. m.), dass Hr. *Baudouin* die *Montaigne*'schen Beobachtungen zur Ableitung von Bahn-Elementen des Satelliten benutzt, dass die *Lambert*'sche Bahn sich in einem grossen Memoire: „Mémoires de Berlin 1773" finde, und dass Herr *v. Montbarron* zu Auxerre geglaubt habe, ihn im Jahre 1765 wieder zu erblicken. (Also ebenfalls hier unrichtig, 1765 und nicht 1764, wie es *Lambert* und *Hell* haben.) Nachdem sodann noch die *St.-Neost*'sche Beobachtungen beim Durchgange flüchtig erwähnt, heisst es ganz kurz: „au mois de Mars 1764 deux Astronomes de Copenhague annon-„cèrent aussi le satellite de Vénus."

Referent lässt jetzt die in der Encyclopédie nicht besprochenen Copenhagener Beobachtungen des angeblichen Venus-Satelliten nach *Hell*'s Berichte (pag. 24 seq. des Anhanges der Wiener Ephemeriden pro 1766) im Uebersetzungs-Auszuge aus dem Lateinischen folgen:

„Nach der Gazette litéraire de l'Europe Mécredi 18 Avril 1764 „beobachtete *Roedkier* zu Copenhagen am 3. März um 6^h Abends „nahe bei Venus ein Gestirn, dessen Licht zwar schwach war, „dessen Durchmesser jedoch deutlich wahrgenommen wurde. Dies „Gestirn war von der Venus etwa um den 4ten Theil des Venus-„Durchmessers entfernt; der Mittelpunkt des Gestirns schien sich „auf demselben Almucantharat mit Venus zu befinden, und sein „Durchmesser betrug kaum ¼ des Venus-Durchmessers. Das Fern-„rohr hatte ein Objectiv von 9½ Fuss Brennweite, mit einer Linse „von 3 Zoll, also 38fache Vergrösserung. Am folgenden Tage „(4. März) wurde der Satellit um dieselbe Zeit erblickt, aber „merklich von der Venus in Rectascension entfernter, die durch „seinen Mittelpunkt gezogene Linie bildete mit dem Almucantharat-„kreise der Venus einen Winkel von ungefähr 45° „semper ex „eadem parte"; der geschätzte Durchmesser des Gestirns war „derselbe wie am vorhergehenden Tage; jedoch war das Gestirn „weniger sichtbar; dasselbe Gestirn wurde auch deutlich durch „ein Fernrohr wahrgenommen, das einen Meniscus als Objectiv „hatte, obgleich dies Glas gefärbt war. An demselben Abende

„um 7ʰ beobachtete *Roedkier* mit Hülfe eines Fern-
„rohrs von 18 Fuss und eines anderen von 7 Fuss „zwei der Venus sehr nahe Fixsterne, **konnte aber „durch diese Fernröhre den Satelliten nicht erblicken**, wovon der „Grund der Wirkung eines Nordlichtes zugeschrieben werden zu „können schien, das bald darauf zum Vorschein kam."

„*Christian Horrebow*, Prof. der Astronomie, und drei Andere „erblickten am 10. März zwischen 6 und 7 Uhr Abends mit eben- „demselben Fernrohre von 9½ Fuss zur rechten Seite der Venus, „unter dem Winkel von etwa 45° mit dem Verticale, ein einem „Satelliten ähnliches Phänomen, worüber jedoch nichts Sicheres „festgestellt werden konnte."

„Diese 4 Beobachter entdeckten am 11. März um dieselbe „Stunde und durch dasselbe Fernrohr ein kleines Licht (lumen „quoddam exiguum) zur Rechten von Venus und etwa 30" über „deren Almucantharat, durch mehre angestellte Observationen *) „vergewisserten sie sich, dass dieses Licht nicht irgend ein fal- „scher Schein sei; dies kleine Gestirn war sehr blass, und sein „Elongations-Abstand von der Venus betrug etwa einen Venus- „Durchmesser; sein Licht erschien merklich geringer, als bei der „ersten Beobachtung, so dass dadurch alle Hoffnung benommen „wurde, es noch an den folgenden Tagen zu sehen, und über- „haupt war nach dem 11. März es nicht mehr möglich, dasselbe „zu entdecken."

Ueber die *Montbarron*'schen Beobachtungen findet sich bei *Hell* noch mehr détail als in der französischen Encyclopédie aus einem von *Messier* unterm 16. Juni 1764 an *Hell* geschriebenen Briefe. Die Stelle lautet in der Uebersetzung:

„Am 15. März 1764 erblickte *Montbarron* **) als er mit „einem 32zölligen *Gregoriani*'schen Telescope, die Venus um 7ʰ

*) Anmerk. des Refer. Welche Vorsichtsmassregeln zur Sicherung gegen Täuschung eigentlich genommen wurden, findet sich nicht erwähnt. Bei dem kleinen Abstande des „lumen" von Venus konnte das von *Montaigne* angewandte Mittel, die Venus ganz aus dem Gesichtsfelde zu entfernen, nicht füglich benutzt werden.

**) Anmerk. des Refer. Auxerre (der Beobachtungsort *Montbarron*'s) liegt nach *Arago* $4^m 57^s$ östlich von Paris in 47° 47′ 54″ nördl. geogr. Breite.

„Abends betrachtete, ein kleineres Gestirn an der dunkeln „Seite der Venus, das mit dem Verticale einen östlichen „Winkel von etwa 60° bildete. Am 28. desselben Monats „sah um $7\frac{1}{2}^h$ Abends *Montbarron* dasselbe kleine Gestirn bei „der Venus, ähnlich dem früheren, mit dem Verticale einen west-„lichen Winkel von ungefähr 15° bildend. Am folgenden „Tage, d. h. am 29. März, sah er, auch wenn dünne Wölkchen „vor der Venus vorüberzogen, dasselbe Gestirn mit dem Verticale „einen westlichen Winkel von etwa 44° bildend. Nach „dieser letzten Beobachtung vermochte er jenes Gestirn niemals „wieder zu erblicken, obgleich er demselben noch zu öfteren Malen „mit Hülfe desselben Fernrohrs nachforschte; alle Beobachtungen „beweisen, dass dieses Gestirn nicht irgend ein Fixstern gewesen „ist, indem diese mehr scintilliren, und weniger begränzt sind. „Jedoch versichert *Montbarron*, dass er keine Phase bei „diesen Gestirnen habe unterscheiden können. Auch „ist, wie *Hell* hervorhebt, bei den Beobachtungen zu Auxerre keine „Distanz gegeben."

Auch über die *Cassini*'sche Beobachtung des angeblichen Venus-Trabanten von 1672 Januar 25 giebt *Hell* noch mehr détail als die Encyclopédie. *Hell* führt noch an: „Die Phase der Venus war damals gehörnt, und die Phase dieses Phänomens, dessen Durchmesser $\frac{1}{4}$ des Venus-Durchmessers zu sein schien, schien auf gleiche Weise gehörnt zu sein; es stand vom südlichen Venus-Horn einen Venus-Durchmesser nach Westen ab.

Noch hat *Hell* folgende, in der Encyclopédie ganz fehlende Notiz über eine Beobachtung *Fontana*'s (pag. 15):

„Obgleich der berühmte neapolitanische Mathematiker *Fran-„ciscus Fontana* in seiner Schrift „Novae coelestium terrestriumque „rerum observationes" es als denkwürdig bezeichnet, dass der „Venus Satellit kein Mal von ihm gesehen sei, „primum, supra „partem disci Veneris lucidam, dein supra obscuram, „et vice una proxime ad cornua Veneris crescentis"

„so konnte doch hier leicht eine optische Täuschung unterlaufen, „weil zu der Zeit, als jener berühmte Mann lebte, die Fernröhre „noch nicht ihre Vollendung erreicht hatten.“ Aus Seite 14 erfährt man, dass diese Wahrnehmung *Fontana*'s in das Jahr 1645 gesetzt wird. Irgend eine nähere Zeit, sei es auch nur dem Tage nach, ist von *Hell* nicht angegeben. Um zu erfahren, ob dies auch in dem von *Hell* citirten lateinischen Werke *Fontana*'s nicht der Fall sei, schrieb Referent in der Meinung, dass jenes Buch vielleicht in Wien am ehesten aufzufinden sein werde, dorthin, und erhielt durch die Güte des Herrn Directors *v. Littrow* vollständige Auszüge der fraglichen Beobachtungen nebst Copien der betreffenden Zeichnungen. Namentlich aus letzteren möchte jedoch hervorgehen, dass es sich bei den Beobachtungen des kleinen Kügelchen, das eine Phase überall nicht darbietet, nur um Spiegelbilder der Venus handelt. Die Venusbilder sind alle als „Crescent“ gezeichnet, bei einem steht das Kügelchen mitten auf der Venus, bei einem anderen in der Concavität, so, dass es noch in den dunkeln Theil der Venus hineinfällt. „Der Auszug“, „schreibt Herr *v. Littrow,* „scheint mir wenig mehr zu sagen, als „dass *Fontana*'s Fernrohr sehr schlecht war, und er sich mit „Spiegelbildern Illusionen bereitete. Ganz eben solche Begleiter, „nun gar noch auf der Scheibe des Planeten projicirt, zeichnet er „bei Mars, ja Aehnliches selbst bei Saturn. Die vielen Strahlen, „die er um Venus sieht, sind schon sehr verdächtig; er bemerkt „überdies ausdrücklich, dass er keinen Satelliten sieht, wenn „Venus nicht „strahlt“.

Die Daten der Beobachtungen sind: 11. Nov. 1645; 15. Nov. 1645; 25. Decbr. 1645; 22. Januar 1646.

Schliesslich führt *Hell* (pag. 85) noch an, wie *Messier* ihm geschrieben, dass er in den Monaten April, Mai und Juni 1764 durch die besten Fernröhre nichts vom Venus-Trabanten habe sehen können. Ihm selbst *(Hell)* (pag. 89) sei es in den Monaten März und folgenden nicht gelungen, durch die *Newton*'schen Reflectoren, während er durch die beiden *Gregoriani*'schen ihn (d. h. nach *Hell* das Reflexbild der Venus) so oft als er gewollt, habe sehen können.

In dem Aufsatze im Berliner Astronom. Jahrbuche für 1771 sowohl, wie in der citirten Abhandlung aus den Berliner academischen Memoiren, welche die Berechnung der Trabantenbahn enthalten — giebt *Lambert* keine neue Thatsachen, welche nicht schon in den vorstehenden Auszügen enthalten wären, aber eine tabellarische Zusammenstellung der Beobachtungen, die am Schlusse dieses Capitels zum Wiederabdrucke gebracht ist, und zwar vervollständigt durch die *Lambert* damals noch nicht bekannten Beobachtungen des angeblichen Venus-Satelliten, sowie unter Beifügung der jedesmaligen scheinbaren Venus-Durchmesser. Der Venusdurchmesser ist dabei in der Entfernung Eins (d. h. wenn sie gleichen Abstand von der Erde besitzt, als der mittlere Abstand von der Erde bis zur Sonne) = 17" angenommen. Einzelne, auch für unseren Zweck möglicherweise interessante Angaben *Lambert*'s mögen jedoch hier noch Platz finden. In den Ephemeriden pro 1761 (im Jahre vorher gedruckt) habe *Hell* die Astronomen aufgemuntert, bei dem Durchgange der Venus mit den besten Fernröhren dem Satelliten nachzuspüren, und dieser Aufforderung schreibt er es als wahrscheinlich zu, dass man in Frankreich angefangen hatte, noch vor dem Durchgange der Venus auf den Trabanten aufmerksam zu sein, wo jedoch nur *Montaigne* etwas dem Aehnliches gesehen habe. Letzterer habe den Trabanten zu 4 malen in solchen Stellungen gesehen, die in der That auf einen Satelliten passen, und aus denen, so viel die „eben nicht allzugenauen Angaben“ schliessen lassen, sich ergebe, dass der Satellit etwa eine Umlaufszeit von 11 Tagen besitze. Aus den 3 ersten Beobachtungen von *Montaigne* habe nach der *Baudouin*'schen Rechnung zu folgen geschienen, dass man den Satelliten beim Durchgange der Venus vor der Sonne (1761) sehen werde, die 4te Beobachtung aber habe diese Hoffnung benommen. Nach *Lambert*'s eigenen Rechnungen habe weder 1639 noch 1761 noch 1769 bei Gelegenheit der Venus-Passage vor der Sonne der Satellit gesehen werden können, da er theils oberhalb, theils unterhalb des Discus vorübergezogen sei. Dagegen sei es nach *Lambert*'s Tafeln wahrscheinlich, dass bei der untern Venus-Conjunction vom 1. Juni 1777 (wo letztere wegen einer geocentrischen nördlichen Breite von 30¾ Minuten nicht auf dem Discus sich projiciren könne) der Trabant (wie die in den Berliner Memoiren von 1773 befindliche

Zeichnung erkennen lässt) fast den Durchmesser des Sonnendiscus beschreiben werde. — Endlich macht *Lambert* den Versuch, aus den *Montaigne*'schen Beobachtungen den wahren Durchmesser des Satelliten zu bestimmen. (Wahrscheinlich wird er dabei die Entfernung des Satelliten von der Erde, der der Entfernung der Venus von der Erde nahezu gleich angenommen haben). Er findet (den Durchmesser der Erde = 1 gesetzt) den Diameter der Venus = 0,97, des Venus-Satelliten = 0,28, den des Mondes der Erde = 0,27. Dies würde (wie eine leichte Rechnung zeigt) den wahren Durchmesser des neben der Venus gesehenen Gestirns = 481 geographische Meilen ergeben.

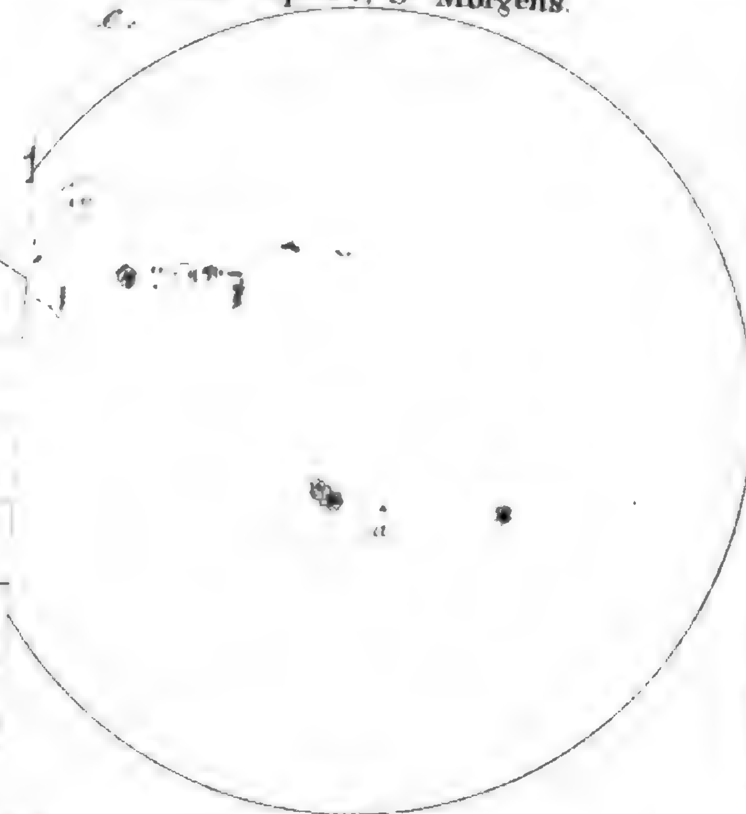
(Fortsetzung im folgenden Bande.)

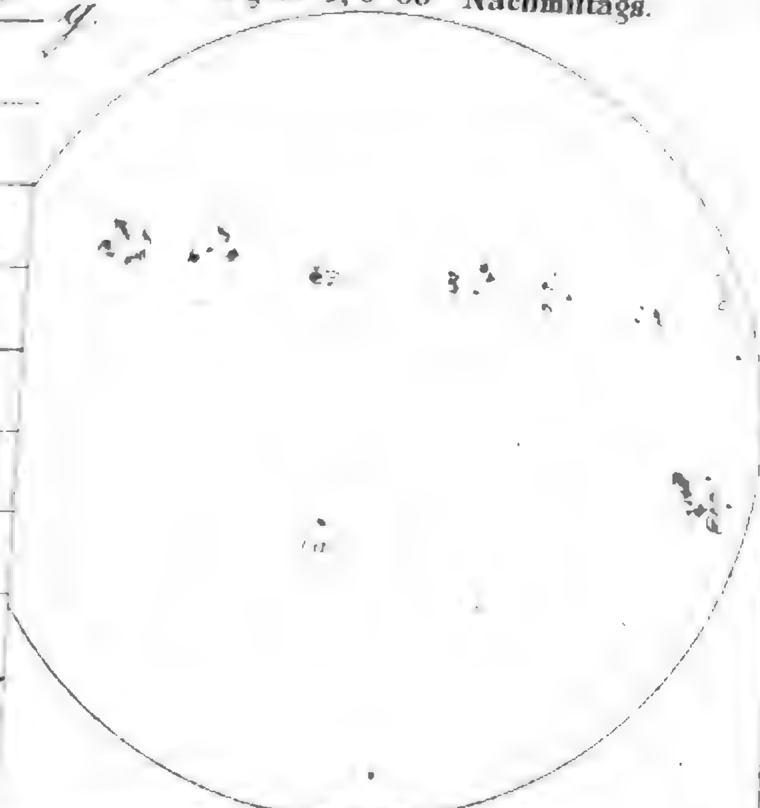
Tab. 1.

Fig. 3 b.

von 1

burg.





Zeitschrift

für

populäre Mittheilungen

aus dem

Gebiete der Astronomie und verwandter Wissenschaften.

Herausgegeben

von

Professor Dr. *C. A. F. Peters*,
Director der Sternwarte in Altona.

Dritter Band.

Mit vier lithographirten Figuren-Tafeln.

ALTONA.
Buchdruckerei von Hammerich & Lesser.
1869.

Inhalt.

Einige Zusammenstellungen

als

Beitrag zu der Frage, ob ausser Mercur und Venus in dem Raume zwischen Sonne und Erde noch andere planetenartige Körper vorhanden sind.

Von Herrn Kriegsrath *C. Haase* in Hannover.

Fortsetzung und Schluss.

(Zweites Capitel. Von den Wahrnehmungen, welche von Einigen auf die Existenz eines Venusmondes bezogen sind.)

Aus *Bode*'s astron. Jahrb. pro 1778, pag. 186.

Vom Trabanten der Venus durch Herrn *Lambert*.

I. Auszug aus dem Tagebuche der Sternwarte zu Greifswald, *) von Herrn Prof. *Mayer*.

1759 den 20. Mai im wahren Mittage zeigte die Pendeluhr $23^h 55^m 32^s 5$. Abends um $8^h 45^m 50^s$ sah ich über der Venus ein Kügelchen von viel geringerem Glanze, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Diameter der Venus von derselben entfernt. Künftige Beobachtungen werden lehren, ob dies Kügelchen ein optischer Schein oder der Trabant der Venus gewesen. Die Beobachtung geschah durch ein gregorianisches Fernrohr von 30″ Brennweite. Ich setzte sie eine halbe Stunde lang fort, und die Lage des Kügelchen gegen die Venus blieb ebendieselbe, wenngleich die Richtung des Fernrohrs geändert wurde.

II. Auszug eines Schreibens aus Crefeld **) vom 14. Novbr. 1775.

Aus dem astr. Jahrb. pro 1777 sehe ich, dass die Astronomen noch ungewiss sind, ob Venus einen Trabanten habe oder nicht.

*) Nach *Harding* ist die Länge von Greifswald $= 0^h 44^m 52^s$ östl. von Paris, $31° 13' 0''$ von Ferro, Breite $= +54° 4' 35''$.

**) Polhöhe von Crefeld $= 51° 21' 30''$, Länge $= 16^m 54^s$ in Zeit von Paris. Also Crefeld — Alte Berliner Sternwarte $= 27^m 16^s$.

Da ich nun für mich darin völlig überzeugt bin, so theile ich hier die Beweise meiner Ueberzeugung mit, weil sie mir wichtig genug zu sein scheinen. Ich habe mit meinen Freunden den Trabanten durch ein gemeines Fernrohr binnen 3 Stunden öfters sehr deutlich vor der Sonne vorbeigehen sehen. In meinem Memorial finde ich davon Folgendes:

Im Jahre 1761, den 6. Juni Vormittags 5½ Uhr habe ich Venus in der Sonne gesehen. Von 8 bis 12 Uhr konnte man hier wegen der Wolken keine Beobachtung anstellen. Um 12^h sah ich das Venus-Möndchen in der Mitte der Sonnenscheibe. Um 3^h war es beinahe auf dem Rande. Was wir binnen dieser 3 Stunden in der Sonne sahen, konnte nichts Anderes als der Trabant sein. Er kam mir so schwarz, rund und distinct vor wie Venus, aber viel kleiner, ungefähr ¼ so gross. *) Er sah auch den Sonnenflecken, welche ich vielmal gesehen, gar nicht ähnlich. Auch kam sein Lauf mit dem Laufe der Venus überein, er war aber etwas geschwinder. Daraus vermuthe ich, dass er an der Seite seines Weges, welche unserer Erde am nächsten war, und also nicht weit von seiner untern Conjunction mit Venus, gewesen ist, welches auch verursachte, dass der Trabant desto schwärzer erschien. Aus Mangel der Instrumente war eine grössere Genauigkeit nicht möglich, aber genug, mich von dem Dasein des Trabanten zu überzeugen. Ich hätte es eher bekannt gemacht, vermuthete aber, es würden ihn Viele gesehen haben.

* * *

Lambert bittet den ungenannten Verfasser des obigen Briefes, von seiner Observation mehre Umstände anzuführen, und erhielt darauf folgendes

Zweite Schreiben aus Crefeld vom 28. Dec. 1775.

Es thut mir leid, dass ich auf die an mich gerichteten Fragen keine ganz genugthuende Antwort geben kann. Hätte ich bei meiner Beobachtung diesen Erfolg nur vermuthet, so würde sie, so viel sich bei dem Mangel von Instrumenten thun liesse, genauer und umständlicher aufgezeichnet worden sein. Noch lebende

*) *Encke* setzt (Venusdurchgang von 1761, pag. 74) den damaligen Venusdurchmesser = 58″.

Zeugen der Erscheinung sind da. Ohne etwas von der Astronomie zu verstehen, sahen sie den Mond der Venus nach ihrem Ausdrucke, wie eine schwarze Erbse in der Sonne. Dieser Umstand ist an und für sich unerheblich. Folgendes ist alles, was nur möglich ist, von meiner Beobachtung noch anzugeben:

Die erste Beobachtung war um 12^h oder ein paar Minuten später, und das Möndchen nach dem Augenmaasse gerade vor dem Mittelpunkte der Sonne. Wie viel es um 3^h von dem Rande stand, weiss ich nicht genau, aber es war noch eben sichtbar. Ich bin also nicht mehr im Stande, eine Figur davon zu geben. Die Geschwindigkeit *) schloss ich also: Ich theilte den Diameter der Sonne in 100 Theile; davon ging Venus in ungefähr 6 Stunden und 20 Min. ... 80 Theile, ist in einer Stunde $= 12\frac{12}{19}$ Theile. Das Möndchen lief in 3 Stunden 50 Theile, somit in 1 Stunde $= 16\frac{2}{3}$ Theile und demnach schneller als Venus.

Abraham Scheuten, Adam's Sohn.

Lambert: „Diese Beobachtung des Herrn *Scheuten* klärt es „mir nunmehr auf, dass ich selbst 1761 zu Augsburg einen wirk„lich damals gegebenen Anlass hätte ergreifen können, eben das „Möndchen vor der Sonnenscheibe zu sehen und zu beobachten."

(Am 5. Juni sei bis Abend schlechtes Wetter gewesen.)

„Am 6. Juni trat die Sonne um 5^h Morgens hinter den um„liegenden Dächern empor, und Venus gerade in der Verticallinie „ihres Mittelpunktes, $\frac{1}{6}$ des Sonnendurchmessers vom Rande ent„fernt. Durch diese einige Beobachtung konnte ich in der bereits „den Tag zuvor entworfenen Figur die wahre scheinbare Bahn „der Venus ziehen und die Stunden auftragen. Da sich daraus „ergab, dass Venus vor $9\frac{1}{4}$ Uhr nicht aus der Sonne heraustre„ten würde, so hatte ich Zeit, einigen Freunden, so gerne mit „ansehen wollten, die Nachricht davon wissen zu lassen. Etwas „vor 9 Uhr traten dünne Wolken vor die Sonne, so dass man „mit blossen Augen die Sonne sehen konnte. Einige „der Zuschauer sahen auch nicht nur die Venus, son-

*) Anmerk. des Ref. Nach *Encke* (pag. 5) war die ganze Dauer des Venusdurchganges (für das Centrum der Venus) geocentrisch $= 6^h 16^m 25^s$.

1761 Juni 5: Eintritt in den südöstl. Sonnenrand um $14^h 22^m 10^s$ wahrer Par. Zt., Austritt um $20^h 38^m 35^s$ wahrer Par. Zt.

1 *

„dern sagten, dass sie noch eine kleinere sähen.*)
„Mir war damals von dem Satelliten nichts bekannt,
„und dieses machte, dass ich nur antwortete, die klei-
„nere Venus werde ein Sonnenfleck sein, dergleichen
„es oft gebe. Ich sah auch weiter nicht nach, weil
„ich schon genug Sonnenflecke gesehen hatte, und
„nicht wusste, dass noch sonst was zu suchen und
„zu beobachten sei. Nun wünschte ich freilich mehr
„darauf Achtung gegeben zu haben, wiewohl, da die
„Wolken immer zunahmen, der Beobachtungen eben
„nicht viele würden gewesen sein."

„Dafern es nun (fährt *Lambert* fort) mit der Beobachtung des „Herrn *Scheuten* seine Richtigkeit hat, lässt sich dieselbe mit den „4 Beobachtungen, die Herr *Montaigne* einige Wochen vorher, „nämlich den 3., 4., 7. und 11. Mai 1761 angestellt hat, füglich „nicht anders zusammenreimen, als wenn die Umlaufszeit des Tra-„banten grösser angenommen wird." (Dieses ziehe eine durch-gängige Änderung in den entworfenen Tafeln nach sich. *Lambert* wolle jedoch für jetzt diese Änderung ausgesetzt sein lassen. Die nähere Betrachtung der Beobachtung des Herrn *Scheuten* werde nicht undienlich sein.) „Die Angabe des Durchmessers ¼ von dem „der Venus stimmt mit den Angaben der übrigen Beobachter, die „ihn zwischen ⅓ und ¼ setzen, überein. Eine unmittelbare Ver-„gleichung konnte übrigens *Scheuten* nicht anstellen, da er den „Satelliten erst um 12^h sah, nachdem Venus bereits um 9^h aus-„getreten."

„Um 12^h war Venus 27 Minuten eines Grades von dem Mit-„telpunkte der Sonne entfernt, und die aus dem Mittelpunkte der „Sonne nach Venus gezogene Linie machte mit der Ekliptik einen „Winkel von 30 oder 31 Graden. Wenn demnach der Satellit „vor dem Mittelpuncte der Sonne gestanden, so wird hiedurch „seine scheinbare Lage mit bestimmt. Der Satellit stand in der „Ekliptik, Venus westwärts unter derselben in einer südlichen „Breite von 13½ Minuten, der Unterschied der Länge in der Eklip-„tik betrug 23′."

*) Anm. des Ref. Hiernach möchte es fast scheinen, als ob sogar „die kleinere Venus" ohne Fernrohr mit freiem Auge sichtbar gewesen. (??)

„Vom 11. Mai 1761, als dem Tage der letzten Beobachtung „des Herrn *Montaigne*, bis zum 6. Juni hat sich die wahre Lage „der Bahn des Satelliten nicht sehr merklich geändert; hingegen „ist wegen der grösseren Nähe der Venus die scheinbare Bahn „um $\frac{1}{3}$ grösser geworden."

(Dann folgt eine Reflexion, dass *Montaigne* seine blos durch Schätzung bestimmten Distanzen zu gross angesetzt haben könne, und dass auch Herr *Baudouin*, nachdem er anfangs den Abstand des Trabanten von 60 Halbmessern der Venus aus der ersten Beobachtung des Herrn *Montaigne* berechnet, nachher dienlich finde, diesen Abstand auf 50 herunterzusetzen. Er nehme aber den Halbmesser der Venus ziemlich gross an.)

„Wenn Herr *Scheuten* um 12^h den Satelliten nicht genau vor „dem Mittelpunkte gesehen, so ist derselbe gewiss genug west„wärts des Mittelpunktes gewesen. Denn vom Mittelpunkte bis „zum Rande hat er wenigstens 4 Stunden Zeit gebraucht. Nun „war er nach Hrn. *Scheuten*'s Angabe um 3^h schon nahe am Rande. „Und aus Herrn *Montaigne*'s Beobachtungen lässt sich nichts An„deres schliessen, als dass der Gang des Satelliten vor der „Sonne wenigstens nicht schneller könne gewesen sein, als der „von Venus. Also hat der Satellit von 12^h bis 3^h nur $\frac{3}{4}$ *) von „dem Halbmesser der Sonne durchlaufen könne. Es geht dem„nach sowohl am Rande, als am Mittelpunkte etwas ab, und das, „was abgeht, beträgt soviel als den $\frac{1}{4}$ Theil des Halbmessers der „Sonne."

Ein Theil der in dem vorstehenden Capitel erwähnten Wahrnehmungen eines angeblichen Venus-Trabanten ist zur besseren Uebersicht in Taf. *A* in einen Entwurf eingetragen, der die Bahnen der Erde, der Venus und des Mercur enthält. Beiläufig bemerkt, kann man aus den von der Venus nach der Erde gezogenen Gesichtslinien auch z. B. ersehen, dass keine einzige von den Wahrnehmungen ausserhalb des Sonnendiscus sich auf einen Planeten beziehen lässt, dessen Bahn von der des Mercur eingeschlossen wäre.

---

*) Anm. des Ref. Sollte sich Herr *Lambert* bei dieser Schlussfolgerung wohl die reine Objectivität in der Anschauungsweise bewahrt haben?

Hiermit wäre der Bericht über die Thatsachen wegen des angeblichen Venustrabanten geschlossen. Wenn jedoch in der 3ten Abtheilung dieses Aufsatzes die *Scheuten*'sche Beobachtung eines rasch beweglichen Sonnenflecks, welcher sechs Stunden und 13 Minuten später auf dem Mittelpunkte der Sonne erschien, als Venus am 5./6. Juni 1761 die Mitte ihres Durchgangs vor der Sonne erreicht hatte, zum Ausgangspunkte einer Bahnberechnung genommen ist, so ist hier vielleicht der passendste Ort, einige Argumente hervorzuheben, welche der in der Encyclopädie gegen die *St. Néost*'sche (mit der *Scheuten*'schen so gut übereinstimmende) Beobachtung gemachten Ausstellung, verbis: „Wie sollte man sich einbilden, dass ein solches Phänomen allen anderen Beobachtern in allen andern Theilen der Welt entgangen wäre?" entgegen gehalten werden können.

1. Die Darstellung der Encyclopädie nimmt implicite (wie sie das bei dem vagen Referate aus der *St. Néost*'schen Observation auch vielleicht nicht anders thun konnte) irrig an, dass „der Trabant" während der eigentlichen Venus-Passage recht nahe gleichzeitig mit Venus auf der Sonne gewesen sein solle, während wir durch *Lambert* wissen, *a)* dass die „kleinere Venus zuerst etwas vor 9^h in Augsburg gesehen ist," als Venus etwa um $9\frac{1}{4}^h$ austreten wollte, und *b)* dass, als zu Crefeld „das Venusmöndchen" um 12^h mitten auf der Sonne erschien, (das nach 3^h Nachmittags erst austrat) die Venus bereits 27 Minuten eines Grades vom Mittelpunkt der Sonne entfernt war. Zur Zeit der Mitte des Venusdurchgangs ($17^h 30^m 22^s5$ wahre Pariser Zeit nach *Encke)* war die südliche Breite der Venus $= 0° 9' 40'' 5$. Wenn daher durch das *St. Néost*'sche Telescop wahrgenommen wurde, dass das Phänomen „dieselbe Linie wie Venus beschrieb, **aber näher an der Ekliptik**", so ist das in guter Uebereinstimmung mit der unabhängigen *Scheuten*'schen Wahrnehmung.

2. Unter diesen Verhältnissen war es erklärlich, dass die meisten Astronomen von dem Eintritte eines Körpers in den Ostrand der Sonne nichts bemerkten, während sie mit der stärksten Vergrösserung (also dem kleinsten Gesichsfelde), die ihr Fernrohr *) nur tragen wollte, alle Aufmerksamkeit

*) Geht man die Fernrohre, die in der *Encke*'schen Schrift aufgeführt

auf die (am Westrande der Sonne dem Austritte nahe) Venus verwenden mussten. Sahen sie allenfalls noch einen Fleck, so konnten sie an einen gewöhnlichen Sonnenfleck, eben so gut wie *Lambert*, denken, der sich nicht einmal die Mühe nahm, hinzusehen.*) Es mag vielleicht aber zu jener Wahrnehmung der ganzen Unbefangenheit bedurft haben, deren sich „*Lambert's* Freunde" erfreuten.

3. Zwar hatte *Hell* in den (ein Jahr zuvor gedruckten) Wiener Ephemeriden pro 1761 dazu aufgefordert, den Durchgang der Venus auch zur Nachforschung für den Trabanten zu benutzen. Dass er dies selbst gethan, davon sagt er in seiner oft citirten Abhandlung „de satellite Veneris" kein Wort, wo doch eine solche durch Beobachtung ermittelte Negative sehr an der Stelle gewesen wäre und für ihn (als Leugner des Trabanten) ein Argument mehr hätte liefern können. Im Übrigen ergeben die bei *Encke* pag. 95 zusammengestellten Beobachtungen, dass vielfach Wolken (wovon auch *Lambert* u. *Scheuten* sprechen) auch namentlich in Wien vorhanden gewesen, die nach dem Venus-Austritte auch in Wien noch zugenommen haben mögen und daher die Beobachtung des später folgenden Körpers vielfach gehindert haben können. Auf eine Anfrage in Wien, was darüber etwa im Tagebuche der Sternwarte notirt sei, hat Referent unterm 28. October 1862 durch Herrn Director *v. Littrow* Antwort erhalten: „Von *Hell's* Beobachtungen und Briefen ist nichts aufbewahrt, so „viel ich weiss. Ich fand vor 30 Jahren ein Manuscript dieses „Ursprungs bei einem Privatmann, der es durch Erbschaft erhal„ten. Dies ist Alles, was ausser den in den Ephem. Vindob. be„kannt gemachten Dingen auf uns kam. Ebensowenig kann ich „über den meteorologischen Zustand Wiens im Jahre 1761 etwas „sagen; unsere meteorologischen Tagebücher, soweit sie erhalten „sind, gehen nur von 1775 an." *Hell* sagt (pag. 11 seiner oft citirten Schrift) ausdrücklich, dass er ein Exemplar der *Baudouin*-

sind, durch, so wird man finden, dass über die Hälfte Spiegeltelescope sind, deren Gesichtsfeld (namentlich bei dem damaligen Ocularapparate) besonders beschränkt sein musste.

*) Man sieht auch hier, wie sehr gerechtfertigt der Ausspruch des Herrn *Radau* ist: „Il paraît donc q'une mauvaise étoile préside aux recherches (des Vulcanistes) jusqu'à ce jour."

schen Dissertation, (worin die auf *Montaigne*'s Observationen gegründete Satellitenbahn-Berechnung enthalten) „circa finem Junii 1761“ durch *Baudouin* selbst zugesandt erhalten habe. Das war also sehr post festum. *Lambert* in Augsburg versichert ebenfalls, wie er damals nicht gewusst, „dass noch sonst Etwas zu suchen und zu beobachten gewesen sei.“

4. Bei dem damaligen langsamen Gange der dazu noch durch den Krieg erschwerten Communication*) konnten bis zum 6. Juni 1761 die erst im Mai desselben Jahres gemachten *Montaigne*'schen Beobachtungen und die hierauf gestützten *Baudouin*'schen beiden Dissertationen (welche am 20. resp. 27. Mai 1761 erst bei der Academie gelesen waren) noch keine rechte Verbreitung gefunden haben.

Die in ferne Länder behufs der Venus-Observation gezogenen französischen und anderen Astronomen waren lange abgereist, ehe *Montaigne* die erste Beobachtung machte, und mussten sich daher darüber vollends in Unkenntniss befinden. Die wenigen französischen Astronomen, die bereits zur Zeit des Venus-Durchganges *Baudouin*'s Resultate kannten, wussten aber wahrscheinlich auch, dass nach dessen Angabe die hinzugekommene *Montaigne*'sche Observation vom 11. Mai 1761 die Hoffnung rechnungsmässig rauben sollte, den angeblichen Trabanten am 5./6. Juni 1761 vor der Sonne zu sehen, und werden dadurch von desfallsiger Attention eher abgezogen, als dazu angeregt sein.

5. Nach geschehener Beobachtung des Venus-Austrittes werden die meisten Astronomen mit ihren ermüdeten Augen die fernere Betrachtung oder Beobachtung der Sonne nicht fortgesetzt, sondern sich pflichtmässig beeilt haben, die während der Beobachtung hingeworfenen Notizen sofort in mehr ausführlicher Weise zu Papier zu bringen. Diejenigen aber, die am Nachmittage mit den schwachen Fernröhren von Quadranten oder Sextanten etwa

*) So z. B. erzählt (Histoire de l'Académie, avec les mémoires pour l'année 1761 p. 337) *Chappe d'Auteroche*, der sich von Paris nach Tobolsk in Sibirien behufs der Beobachtung jenes Venusdurchganges begab und zunächst von Paris über Ulm nach Wien reiste — „Je „partis de Paris à la fin de Novembre 1760 etc. et malgré la plus „grande diligence possible je ne pus arriver à Vienne que le 31 „Décembre 1760.“

behufs correspondirender Sonnenhöhen noch beobachteten, hatten ihre Aufmerksamkeit eben auf etwas Anderes zu lenken, als auf ein Pünktchen, welches um 3^h schon dem Austritte ganz nahe war. Hatten sie in diesem Falle (wegen des Wetters etc.) überhaupt die Wahl, so waren die späteren Stunden nach 3^h Pariser Zeit, wo die Höhen der Sonne rascher abnehmen, zum Zwecke der Zeitbestimmung, z. B. in Deutschland, ohnehin viel günstiger, als Circummeridianhöhen. — Unter diesen Umständen war es ein glücklicher Zufall, dass zu Crefeld von 8^h Morgens bis Mittag der Himmel sich bezog und der gute *Scheuten* so verhindert wurde, den Austritt der Venus zu beobachten. Als er nun vielleicht aus blosser Neugierde durch sein „gemeines Fernrohr“ um 12^h sich überzeugen wollte, ob Venus auch wirklich von der Sonnenscheibe verschwunden sei, fand er das „Möndchen“, das den Sonnenflecken, die er vielmal gesehen, gar nicht ähnlich sah.

Nach allen diesen Erwägungen darf man sich vielleicht nicht so sehr wundern, dass „das Möndchen“ von nur so Wenigen gesehen ist. Diese Wenigen waren aber gerade die Unbefangensten, und einige davon legten ihr Zeugniss in flagranti und in Gegenwart eines vertrauenswürdigen Astronomen ab. *St. Néost* hat seine Wahrnehmung am folgenden Tage der englischen Zeitung zur Publication zugesandt. *Scheuten* schreibt freilich erst 1775 an *Lambert*, rechtfertigt sich aber darin völlig, da er annahm, daśs das Möndchen „Viele“ gesehen hätten (also das Gegentheil von *Lescarbault)*. Auch waren zur Zeit, als *Bode*'s Jahrbuch pro 1778 (im Jahre 1776) erschien und so durch *Lambert*'s Aufsatz *Scheuten*'s Beobachtung eine weite Verbreitung erhielt, seitdem erst 15 Jahre verflossen. Es lebten also gewiss noch viele von den sonstigen Beobachtern der berühmten Venuspassage. Namentlich lebte *Staudacher* noch, der den Fleckenstand für 1761 Juni 5 (also am vorhergehenden Tage) nach *Wolff* = (3. 5) setzt. Für Juni 6—18 fehlen die Angaben. Es ist aber anscheinend Nichts darüber bekannt geworden, dass damals ein „*Liais*“ aufgetreten sei, wo es sich doch nicht um einen Sonnenrand-Abstand von 20″ handelte, sondern um einen Punkt, der im Centro der Sonne gesehen sein sollte.

Der Vollständigkeit wegen, und um nicht präoccupirt zu erscheinen, hat Ref. aber auch die von ihm aufgefundenen Bemerkungen und Beobachtungen Solcher hier nicht auslassen wollen, die nach dem „Venusmonde" gesucht, ihn aber nicht gefunden haben. Es sind folgende:

A. Bei *Encke* (Venusdurchgang pro 1761, pag. 17/18) heisst es: „Der Güte des Herrn *v. Zach* verdanke ich ein Verzeichniss „aller Orte, an denen eine Beobachtung angestellt wurde, indessen ohne Angabe der Schriften, in welchen die Resultate enthalten sein möchten. Von den folgenden habe ich keine Nachricht auffinden können:

England.

1) 2) 3) etc. ....16) *St. Nedts* (Huntingdonshire), dann heisst es pag. 19 weiter: „Den zweifelhaften Venus-Trabanten „wollte ein Herr *Scheuten, Adams* Sohn, (Berl. Jahrb. 1778 pag. 186) „in Crefeld 3 Stunden nach dem Austritte der Venus genau im „Mittelpunkte der Sonne gesehen haben. Drei Stunden darauf „sollte er dem Austritte nahe gewesen sein. Nach einer Notiz „des Herrn *v. Zach* soll im London Chronicle 1761 Juni 16 u. 18 „Nr. 699 die Beobachtung eines Anonymen stehen, der „den Austritt des Trabanten 38 Minuten nach dem Austritte der Venus gesehen haben will. Der Widerspruch beider Visionen unter sich, und die vergeblichen Nachforschungen „aller (?) anderen Astronomen, nicht blos während des Durchgangs, sondern, nach *Hell*'s ausdrücklicher Versicherung, den „ganzen folgenden Tag hindurch, scheinen hinreichend, um hier „einen optischen Betrug anzunehmen."

Die Beobachtung dieses Anonymen schien hiernach eine von der Wahrnehmung *St. Neost*'s oder — wie ihn *Encke* nennt: *St. Nedt*'s — unabhängige zu sein. Welche sonderbare Entstellungen des Sinns durch Druckfehler sehr oft sich finden, wenn wissenschaftliche Gegenstände in politischen Zeitungen ausnahmsweise besprochen werden, weiss Jeder zu würdigen, welcher für solche Zeitungen einmal einen Artikel geschrieben hat, ohne sich den Correcturbogen vor dem definitiven Abdrucke geben zu lassen. Wenn nicht gerade die Zahl „3 8" oben erwähnt wäre, so hätte man vielleicht hierbei nicht auf die Vermuthung eines Druckfehlers kommen können. Es hätte sich jedoch sofort eine vortreffliche

Übereinstimmung mit der *Scheuten*'schen Beobachtung ergeben, wenn der Anonymus hätte sagen wollen, der Austritt des Trabanten sei (Nachmittags) um $3^h 8^m$ nach dem Austritte der Venus erfolgt. In der Hoffnung, dass es in England vielleicht noch jetzt gelingen möchte, den oder die fraglichen Original-Artikel der Evening-Post und des Chronicle aufzufinden, trug Referent Herrn *Carrington* brieflich die Bitte vor, dieserhalb Nachforschungen anzustellen. Mit der zuvorkommendsten Güte hat Herr *Carrington* dies Ansuchen erfüllt und bereits unterm 19. Februar 1863 eine vollständige Copie davon eigenhändig angefertigt. Dieselbe lautet wie folgt:

Vol. IX. [577] Nr. 699.

THE LONDON CHRONICLE
OR
UNIVERSAL EVENING POST

from Tuesday June 16 to Thursday June 18 1761.

Country News.

Extract of a letter from *St. Neots* in Huntingdonshire June 6.

„This morning as I was observing the transit, I perceived a „phenomenon, which by its motion appeared to move in a curve „different from any spots I had ever before discovered in the sun. „An idea occurred to me, that it was a secondary planet to Ve- „nus: for it plainly appeared to attend its primary as the centre „of its motion; and by help of my telescope I could perceive it „to make near the same transit as the planet Venus but nearer „the ecliptic. End of the transit of Venus 31 minutes past eight, „and the end of the secondary 9 minutes past nine in the mor- „ning, apparent time?“

In dem Begleitschreiben macht Herr *Carrington* darauf aufmerksam, dass der London Chronicle und die Evening-Post nur zwei Namen für ein und dasselbe Zeitungsblatt seien, und dass der Name des Einsenders nicht angegeben sei. Im Uebrigen habe er die weiteren Nummern jenes alten Zeitungsblattes, das er im brittischen Museum ohne Schwierigkeit aufgefunden, bis zu Ende des Monates Juni durchgesehen, aber nichts weiteres auf den fraglichen Gegenstand Bezügliches gefunden.

Man sieht sodann ferner aus jenem Artikel, dass darin die dem Referenten verdächtige Zahl „38“ gar nicht direct vorkommt, sondern daraus von *Zach* oder *Encke* (als die Differenz zwischen $9^h 9^m$ und $8^h 31^m$) abgeleitet ist. Eine Uebereinstimmung ist also auf diese Weise nicht hinein zu bringen, und nur insofern vorhanden, als der Zug des kleinen Körpers näher bei der Ekliptik und der Austritt jedenfalls erst später als der der Venus Statt gefunden haben soll. Ob bei dem Ungenannten, der den Auszug aus dem Schreiben von *St. Neots* dem Herausgeber der Zeitung mitgetheilt hat, ein Missverständniss obwaltet, wird nicht zu ermitteln sein. Wenn es sich bei der hier beschriebenen und bei der *Scheuten*'schen Wahrnehmung um zwei verschiedene Körper handelte, so wäre das in der That gar zu merkwürdig!

Leider besitzt die Göttinger Bibliothek gerade den Band der Wiener Ephemeriden pro 1762 nicht, und anderweitige Bemühungen des Referenten, sich davon eine Einsicht zu verschaffen, sind vergeblich gewesen, was Ref. um so mehr bedauert, als anscheinend hierin (nach *Wolf*'s 6^te^ Mitth. p. 154) *Ximenes* in Florenz von Flecken spricht, die während des Durchganges beobachtet.

B. Histoire de l'Académie Royal des Sciences, année 1761, avec les mémoires de mathématique et de physique pour la même année (pag. 78 seq.) sagt *La Caille*, der sich zum Zwecke der Passagen-Beobachtung nach Conflaus sous Carrière am 5. Juni Abends begeben hatte:

Le ciel resta couvert le 6 Juin jusque vers $7\frac{1}{4}^h$. Alors comme le soleil paraissait de temps en temps dans les intervalles des nuages les moins obscurs, je m'occupais à en prendre des hauteurs pour avoir l'heure. A $7^h 45^m$ les nuages étaient assez transparens pour laisser voir le soleil bien terminé et sans verre noir; j'allais donc faire à la machine parallactique les observations suivantes etc.

Letzte Bestimmung um $8^h 12^m 31\frac{1}{2}^s$ (temps vrai).

Le bord suivant de Venus est au fil horaire, le centre de Venus plus boréal que le bord australe du soleil de 3′ 43″4.

Toutes ces observations ont été faites avec une lunette de 4 pieds $9\frac{1}{2}$ pouces de longueur, l'objective envoyé d'Angleterre par M. *Dollond* et construit suivant sa méthode avait 19 lignes d'ouverture, l'oculaire simple que j'y avais adopté avait 16 à 17 lignes

de foyer; ainsi cette lunette augmentait environ 40 fois les diamètres des objets.

Pour observer la sortie de Venus j'ai ôté l'oculaire qui m'avait servi jusque-là et j'y ai substitué les deux oculaires envoyés par M. *Dollond* qui font faire à la lunette l'effet d'une de 12 à 15 pies de longueur.

Nous n'avons pas vu d'apparence de satellite sur le soleil ni le 5 au soir, ni le 6 jusqu'à trois heures après-midi.

C. In demselben Bande der Memoiren sagt pag. 409 *Cassini de Thury*, der in Wien im Observatorio der Jesuiten beim P. *Liesganing* beobachtete: à $9^h 5^m$ j'ai fait un plus grand nombre d'observations pendant le temps que le soleil a paru, mais la plupart étaient imparfaites à cause d'inconstance du temps, qui dérobait le soleil au moment de l'observation nécessaire pour les rendre complètes.

A $9^h 9^m$ le ciel se couvrit entièrement et il n'y avait guère d'apparence, qu'il reparut davantage; cependant à $9\frac{1}{2}^h$ les nuages se separérent, le soleil parut à $9^h 33^m$ et Venus observée avec une lunette de 18 pieds était déjà à moitié sortie, et à $9^h 42^m 49^s$ je jugeai qu'elle était entièrement sortie.

J'ai cherché pendant tout le jour d'observation le satellite que l'on avait annoncé paraître sur le soleil, mais je n'ai pu rien apercevoir.

D. In den Philosophical Transactions findet sich noch folgende (pro 1761 pag. 189) Beobachtung des Venus-Transits von *Samuel Dunn* zu Chelsea: Vor $8^h 16^m$. With the six feet Newtonian reflector and its magnifying power of 110 and also of 220 times I carefully examined *) the suns disk, to discover a satellite of Venus, but saw none; for I had a very clear dark glass next my eye, and the suns limb appeared most perfectly defined.

E. In einer pag. 206 desselben Bandes befindlichen Zeichnung ist ausser der Venus und ihrer Chorde vor dem Sonnendiscus noch ein etwas kleinerer Punkt dem Mittelpunkte der Sonne nahe gezeichnet. Die Zeichnung gehört zu einem auf den Venus-

*) In einer Note heisst es: „After the transit till two o'clock afternoon the same day, I continued observing the disk with this telescope, but saw no satellite pass over the sun.

durchgang bezüglichen Account of Rev. Mr. *Staydon* (at 50°26′55″ latidude and 16^{m}10^s from London), worin aber über diesen schwarzen Punkt und dessen Bedeutung keine Erläuterung enthalten ist.

F. p. 225 desselben Bandes sagt *Jerner,* Professor der Astronomie aus Upsala, in einer Nachschrift zu seiner in Gesellschaft *La Cuille*'s in Frankreich angestellten Beobachtung des Transits:

„P. S. I hope M. *Baudouin*'s pieces of the satellite of Venus is come to your hands. Notwithstanding all the care taken here to discover this satellite upon the disk of the sun on the 6th past, we could see nothing of it.“

G. p. 244 desselben Bandes steht eine (zu einem Briefe von *Nathanael Bliss,* Professor der Geometrie zu Oxford, an den Präsidenten der Royal Society gehörende) Zeichnung, wo ausser der Venus und ihrer Chorde, dem oberen Sonnenrande nahe, noch 2 schwarze Punkte gezeichnet sind. Noch ein 3ter schwarzer Punkt steht darüber, aber ausserhalb des Sonnendiscus!

H. In den Philosophical Transactions pro 1764 sagt *John Winthrop,* Professor der Mathematik aus Cambridge, New England, der zu St. John in Newfoundland den Venus-Transit von 1761 beobachtete, pag. 283 am Schlusse: „I viewed the sun with great attention in the reflector (dessen Dimensionen werden nicht beschrieben, sondern er wird in der Einleitung nur genannt „a nice reflecting telescope“) both on the 5th and 6th of June, in hopes to find a satellite of Venus; but in vain. There were several spots then of the sun; but none that I saw could be a satellite. (The variation of the needle there I found 19° W.)“

Es ist zu bedauern, dass *Winthrop* die Gründe nicht angiebt, aus welchen seiner Meinung nach keiner der bemerkten Flecke ein Satellit habe sein können. Dies ist überhaupt die einzige Nachricht, die Ref. in den Pariser Memoiren und den Londoner Transactions über Sonnenflecke an dem fraglichen Tage hat auffinden können, und es ist eigenthümlich, dass keiner dieser Beobachter, welche die Negative in Beziehung auf den Venusmond aussprechen, statt den Sonnenfleckenstand so genau wie möglich zu specificiren, desselben, mit Ausnahme von *Winthrop,* auch nur beiläufig erwähnen, sondern ganz mit Stillschweigen übergehen.

Tabellarische Uebersicht der Beobachtungen eines angeblichen Venusmondes.

Jahr	Datum	Der Venus scheinb. Durchm.	Des Mondes scheinb. Durchm.	Des Mondes Abstand von Venus	Lage des Mondes in Ansehung der Venus.	Des Mondes Phase	Beobachter.
1672	Januar 24. 19^h	28″	$\frac{1}{4}$ vom Diameter d. Venus	ein Diam. der Venus vom südl. Horn	gegen Westen	gehörnt	*Cassini* in Paris, Fernrohr von 34 Fuss.
1686	August 27. 16^h	14″5	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{5}$ Diamet. d. Venus	ostwärts	unförmlich	*Cassini*
1740	Novbr. 2. 17^h	24″	nicht ganz $\frac{1}{3}$ des Venus-durchm.	10′20″	Ein Winkel von 18° oder 20° mit dem Aequator und in der AR der Venus etwas nördlich vorangehend.	eben die Gestalt wie Venus	*Short*, gregorianisches Fernrohr von 16 Zoll mit 50 bis 240mal. Vergrösserung.
1759	Mai 20 $8^h 46^m$			$1\frac{1}{2}$ Diameter d. Venus	Ein Kügelchen über der Venus von viel geringerem Glanze.		*Mayer* zu Greifswald, gregorianisches Fernrohr mit 30 Zoll Brennweite.
1761	Februar 10, 11, 12		nicht mitgetheilt.			keine Phase	*La Grange* zu Marseille, 6füss. Spiegeltelescop von *Short* mit 800facher Vergrösserung.
1761	Mai 3 $9^h 30^m$	40″	$\frac{1}{4}$	20′	**unter** der Venus 20° gegen Mittag geneigt.	eben die Gestalt wie Venus	*Montaigne* zu Limoges, Tubus von 9 Fuss.
1761	Mai 4 $9^h 30^m$	„	$\frac{1}{4}$	$20\frac{1}{2}$′ oder 21′	**unter** der Venus 10° gegen Norden geneigt.	desgl.	
1761	Mai 7 $9^h 30^m$	42″4	$\frac{1}{4}$	25′ oder 26′	**über** der Venus 45° gegen Norden geneigt.	desgl.	
1761	Mai 11 $9^h 0^m$	48″7	$\frac{1}{4}$	25′	**über** der Venus 45° gegen Süden geneigt.	desgl.	

Jahr	Datum	Der Venus scheinb. Durchm.	Des Mondes scheinb. Durchm.	Des Mondes Abstand von Venus	Lage des Mondes in Ansehung der Venus.	Des Mondes Phase	Beobachter.
1761	Juni 5 u. 6	58″	¼ (?)	27′	auf dem Mittelpunkt der Sonne.	Die Gestalt wie Venus.	*St-Néost, Scheuten* u. Consorten, *Lambert*'s Freunde.
1764	März 3 6h	11″5	¼ oder kaum	etwa ¼ Venus-diameter.	in gleicher Höhe mit Venus	Schwaches Licht, aber deutlich.	*Roedkier* in Kopenhagen. Objectivglas von 9½ Fuss, Ocular von 3 Zoll (Brennweite).
1764	März 4 6h 26m	11″5	¼	In der AR „sensibiliter“ weitergerückt, und in AR von Venus mehr entfernt und 45° über deren Almucantharat.		weniger sichtbar	
1764	März 10 6h 30m		fehlt Angabe	fehlt Angabe,	45° gegen den Vertical rechter Hand geneigt.	zweifelhaft	*Horrebow* zu Kopenhagen und drei Andere; dasselbe Fernrohr wie *Roedkier*.
1764	März 11 6h 30m	13″3	desgl.	ein Diam. der Venus	Rechter Hand 30° über dem Almucantharat der Venus.	klein und sehr blass	
1764	März 15 7h 0m		desgl.	fehlt Angabe	Auf der dunkeln Seite der Venus 60″ ostw. v. Verticale abstehend.	keine Phase wurde wahrgenommen.	*Montbarron* zu Auxerre mit gregorianischem Fernrohr von 32 Zoll.
1764	März 28 7h 30m		desgl.	desgl.	15″ nach West vom Verticale abstehend.		
1764	März 29 7h 30m		desgl.	desgl.	44″ nach West vom Verticale abstehend.		

ANHANG.

In *Arago*'s populärer Astronomie, Band 4 p. 422 der deutschen Ausgabe ist in dem Capitel „Über ältere Beobachtungen des Neptun" gesagt, dass dafür Beobachtungen von *Cacciatore* zu Palermo und von *Wartmann* zu Genf angeführt seien. *Cacciatore* habe nämlich im Mai 1835 vermuthet, einen Planeten gesehen zu haben, den er nachher nicht wiederfinden konnte. Indessen würde dieser Planet im Jahre 1846 eine Gegend des Himmels eingenommen haben, welche derjenigen, wo Neptun entdeckt wurde, diametral gegenüber lag. Aus *Lindenau*'s Aufsatze „Beitrag zur Geschichte der Neptuns-Entdeckung" im Ergänzungshefte zu den Astronom. Nachr. pag. 19, sowie aus Nr. 622 der Astron. Nachr. geht Aehnliches hervor, und namentlich hat *Valz* zu zeigen gesucht, dass die *Cacciatore*'sche Beobachtung wahrscheinlich auf einen der zahlreichen Asteroid-Planeten zwischen Mars und Jupiter sich bezieht. Für unseren Zweck genügt die Bemerkung, dass jene *Cacciatore*'sche Observation bei Nachtzeit im Meridian angestellt ist. Sie kann sich daher nicht auf einen subtellurischen Planeten beziehen.

Anders kann es sich möglicherweise mit den *Wartmann*'schen Beobachtungen verhalten. Bei *Arago* lautet die Stelle: — „*Wartmann* glaubte in Genf am 6ten und 25sten Septbr., „sowie am 15ten Octbr. und 1ten Novbr. 1831 ein sehr „schwaches, mit einer rückläufigen eigenen Bewegung „begabtes Gestirn bemerkt zu haben. Die Astronomen haben von diesen Beobachtungen keine Notiz „genommen, sie haben sie sogar nicht angeführt." Später wird bemerkt, dass *Wartmann* persönlich keine Mittel gehabt habe, die Lage dieses in Bewegung begriffenen Gestirns mit Genauigkeit zu bestimmen, und wird es getadelt, dass er seine Entdeckung erst bekannt gemacht, als es unmöglich geworden war, ihre Wirklichkeit nachzuweisen. Uebrigens komme *Wartmann* im Jahre 1837, nachdem er die Stellen des Himmels, wohin der vermeintliche Planet sich begeben haben konnte, aufmerksam durchforscht hatte, zu dem Schluss, das Gestirn sei verschwunden, ein Schluss, der

mit der Annahme einer kreisförmigen oder wenig excentrischen Bahn um die Sonne, mit der Existenz eines wahren Planeten, unvereinbar sei. Neptun habe es aber keinenfalls sein können.

Aus einem Briefe von *Gauss* an *Schumacher* vom 19. Novbr. 1846 (Briefwechsel Band V. p. 235) geht hervor, dass *Wartmann*'s angebliche Beobachtungen eines beweglichen Sternes von 1831 in dem Bande der Comptes Rendus für 1836 vorkommen. Der Brief lautet im Auszuge: „Es ist zu bedauern, dass die Mittheilung so ganz unbefriedigend ist. Es scheint, *Wartmann* hat gar keine Zahlen mitgetheilt, sondern bloss eine Zeichnung, und aus dieser hat Jemand — man sieht nicht wer — die Zahlen so gut es gehen wollte, entnommen. Man weiss nicht einmal, ob die Karte die Sterne für 1831 (oder für 1800?) vorgestellt hat. Auch möchte man wissen, wie stark der *Cauchoix*'sche Cometensucher vergrössert, nach welchem Maassstabe die Karte gezeichnet ist u. s. w. Vielleicht wissen Sie sonst wohl mehr. Ich bin nach einer angestellten Prüfung geneigt zu glauben, dass jedenfalls diese geschätzten Oerter nur sehr roh sind. Immer aber bleibt die Nähe an dem jetzigen Ort des Neptun merkwürdig, so wie der Umstand, dass die südliche Breite der *Wartmann*'schen Positionen wenig von der jetzigen südlichen Breite des Neptun verschieden ist. Die Oerter des letztern harmoniren noch immer vortrefflich mit meiner Kreisbahn (*Goldschmidt* hat die AR noch am 17. beobachtet), indessen kann demungeachtet die Bahn von einer Kreisbahn sehr bedeutend verschieden sein, ohne dass dies an den Beobachtungen dieses Herbstes schon zu erkennen sein mag. Aber die Art der Abweichung von der Kreisbahn müsste eine ganz andere sein, als die von *Le Verrier* angegebene, wenn der Neptun mit dem *Wartmann*'schen Stern identisch sein soll. Da die Angaben für die Oerter des letztern so abschreckend unvollkommen sind, so habe ich, für jetzt wenigstens, keine Lust, Rechnungen darüber anzustellen, die möglicherweise auch schon für sich eine Unvereinbarkeit mit den Neptunsbeobachtungen zeigen könnten.

Dritter Theil.

Von den Folgerungen aus den Beobachtungen.

Der Andeutung von *Olbers*, dass man bei Betrachtung der *Steinheibel*'schen Beobachtung vom 12. Februar 1820 an einen Planeten in der Distanz von 0,19 mit einer Umlaufszeit von über 30 Tagen denken könnte, ist schon oben gedacht. Ferner schreibt Herr Professor *Wolf* in Nr. 1223 der Astr. Nachr. pag. 356 unterm 1. Nov. 1859 (also noch vor Publication der *Lescarbault*'schen Angaben): „die 3 Fälle mit bestimmten Daten (nämlich *Dangos* 1798 Jan. 18; *Fritsch* 1802 October 10; *Stark* 1819 October 9) liessen „sich nach einer Ueberschlagsrechnung als Durchgänge eines Pla„neten von etwa 38½ Tagen Umlaufszeit betrachten.“ In der X[ten] Mittheilung über die Sonnenflecke p. 291 sagt *Wolf*, nachdem er das Verzeichniss der vor der Sonne gesehenen Körper gegeben: „Ich füge nur als Curiosum bei, dass 1819 October 9 — 1802 Octob. 10 = 6208^d25 = 144 × 43,11 1802 „ 10 — 1798 Jan. 18 = 1797,00 = 40 × 43,15, dass sich also die drei Anno 1798, 1802 und 1819 beobachteten Durchgänge zur Noth durch einen Planeten von circa $\frac{365{,}25 \times 43{,}15}{365{,}25 + 43{,}15} = 38{,}5$ Tagen Umlaufszeit erklären liessen. Bevor Referent zu Demjenigen übergeht, was ihm als Rechnungs-Resultat über die *Lescarbault*'schen Angaben an sich, und deren Combination mit früheren ähnlichen Wahrnehmungen bekannt geworden ist, erlaubt er sich, seine individuelle Ansicht über die *Lescarbault*'sche Beobachtung und ihr Verhältniss zu der *Liais*'schen Negative auszusprechen. — Die häufig sich findende allgemeine Bemerkung, dass Negativen nicht sehr in's Gewicht fallen, scheint in diesem Falle nicht zu passen, wo es sich um die positive Behauptung eines, in Sonnenbeobachtung so geübten Astronomen, wie Herr *Liais*, handelt. Man darf daher wohl annehmen, dass an seinem Beobachtungsorte und zu seiner Beobachtungszeit, der fragliche Fleck in That und Wahrheit nicht in der Nähe des Sonnenrandes zu sehen war. Wenn daher

bei beiden gleichzeitigen Beobachtern an und für sich „bona fides“ vorausgesetzt wird, und zu Orgères keine Illusion Statt fand, so können beide nur dann Recht haben, wenn die relative Parallaxe des zu Orgères gesehenen Körpers so gross war, dass letzterer am Schlusse der *Liais*'schen Sonnenbetrachtung in der Nähe von Rio Janeiro noch nicht auf dem Sonnendiscus sich projiciren konnte. Die *Liais*'sche Angabe, dass jener Körper am Ende der 12ten, ihm und *Lescarbault* gemeinsamen Beobachtungsminute vom Sonnenrande bereits 20 Bogensecunden abgestanden, und dass dieser Abstand durch die Differenz der Relativparallaxe zwischen Orgères und St. Domingos nicht habe „vernichtet“ werden können, — würde nur dann durch die Rechnung als erwiesen angesehen werden müssen, wenn die *Lescarbault*'sche Observation eine Genauigkeit besässe, die sie bei der Natur des Phänomens im Allgemeinen, und bei den mangelhaften Beobachtungsmitteln insbesondere, nicht besitzen kann. Ihre offensichtliche und von *Lescarbault* selbst eingeräumte Ungenauigkeit rettet ihr die Existenz. Der Eintritt selbst konnte nicht beobachtet, das dazu gehörende Zeitmoment nur geschätzt werden nach dem Massstabe der später wahrgenommenen Bewegung. Wie misslich eine solche Schätzung selbst für einen geübten Beobachter ausfallen kann, bedarf keiner Erinnerung. Die hieraus resultirende Unsicherheit verpflanzt sich aber nothwendig auf den daraus abgeleiteten Positionswinkel des Eintrittsorts und auf die Länge der durchlaufenen Chorde. — Zur Messung der Abstände der auf dieser Chorde belegenen Punkte vom Mittelpunkte der Sonne oder vom Rande konnte, wie auch *Liais* bemerkt, der angewandte Beobachtungs-Apparat, nach der gegebenen Beschreibung, nicht füglich dienen. Die Chorde kann daher thatsächlich recht wohl um einige Minuten kürzer sein, als sie nach der Annahme der Positionswinkel für Ein- und Austritt erscheint, und zugleich die Zeit eine längere, welche der Körper zu ihrer Beschreibung gebraucht hat. Um sich im Allgemeinen eine Vorstellung von der Verschiedenheit des Sinnes zu machen, in welchem eine Parallaxen-Wirkung zu St. Domingos und zu Orgères auftreten musste, berechnete Refer. die Winkel des durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden Verticals für beide Orte mit dem Breitenkreise der Sonne, und die Lage dieser Verticalen gegen die durchlaufene Chorde für Anfang, Mitte

und Ende der *Lescarbault*'schen Beobachtung. Construirt man hiernach die Figur, so sieht man, dass die Verticalen zu Orgères zum Parallelismus mit der Chorde neigen, dass dagegen die Verticalen zu St. Domingos fast rechtwinklich auf dieser Chorde stehen. Im Vergleich zum Erdmittelpunkte ging daher die-Parallaxen-Wirkung für Orgères überwiegend dahin, den Eintritt und Austritt des Körpers zu verfrühen und nur in sehr geringem Maasse wird dadurch der Abstand des Chordenmittelpunkts vom Sonnenmittelpunkte afficirt, während zu St. Domingos jene Wirkung fast in ihrer Totalität auf die Chorden-Verkürzung sich wirft und die Chorde gleichsam aus den Sonnendiscus hinausdrängt. Wenn es sich bei der Sache um einen bereits bekannten unteren Planeten gehandelt hätte, so würde man in der That die Orte behuf des Studiums der Differenz der Parallaxenwirkung kaum besser haben auswählen können, als es hierbei der Zufall gefügt hat. Da Herr *Liais* in Nr. 1248 der Astr. Nachr. von St. Domingos nur die Längendifferenz zwischen Orgères zu 3^h ansetzt, über seine Polhöhe aber nichts bemerkt, so hat Ref. dafür die von Rio Janeiro (bei *Arago* populäre Astronomie, Band 3, p. 242 zu $-22^\circ 54' 23''$ und $3^h 2^m 0^s$ west v. Paris angegeben) substituirt, was hier wohl keine beträchtliche Verschiedenheit erzeugen wird. Diejenigen, die aus der *Lescarbault*'schen Beobachtung eine Kreisbahn berechnet haben, konnten dazu natürlich zunächst kein anderes Material benutzen, als die darüber vorhandenen eigenen unsicheren Angaben des Beobachters, wie sie sind, und der Bahn musste dadurch der Stempel einer Intra-Mercurialbahn aufgeprägt werden, während sie thatsächlich möglicherweise einen viel grösseren Sonnenabstand und dadurch der Körper eine Parallaxe besitzen mag, die (wenn auch vielleicht nicht den zu $41''$ angesetzten Abstand des Mittelpunkts der Chorde vom Sonnenrande — denn das wäre etwa das Doppelte der relativen Venusparallaxe für die Passage von 1761, die *Encke* pag. 75 zu $= 21''177$ giebt), doch wenige Minuten nach dem Eintritte für St. Domingos noch eine annullirende Wirkung haben k o n n t e. Bei der so offensichtlich vorhandenen Ueberschätzung der für die *Lescarbault*'schen Beobachtungsmittel erreichbaren Genauigkeit mag die Kritik immerhin dahin gelangen, diese Observation nicht viel höher rangiren zu lassen, als manche andere der in der 2ten Abtheilung der gegenwärtigen Abhandlung

referirten! Beruhet die Observation aber ihrem inneren Wesen nach auf Wahrheit und gehört sie in der That einem subtellurischen Planeten an, so wird derselbe in späteren Jahren wiedergesehen werden und die jetzt durch *Lescarbault* und *Liais* gewonnenen Anhaltspunkte können dann von grossem Nutzen werden.

Nach obiger Einschaltung fährt Referent fort, das ihm über Berechnung und Combinirung der *Lescarbault*'schen Beobachtung bekannt gewordene wiederzugeben. Bei Berechnung dieser einzelnen Observation auf die Kreisbahn liegt übrigens auf der Hand, dass von den dadurch bestimmbaren Bahn-Elementen, wegen des kleinen Arguments der Breite, nur der Knoten einigermassen genau werden kann, dagegen das Element der Neigung um so ungenauer wird. Die *Le Verrier*'sche Rechnung ist bereits im vorigen Abschnitte mitgetheilt. Die dort zu 19,7 Tagen herausgebrachte siderische Umlaufszeit besitzt das Eigenthümliche, dass sie kürzer wäre, als die Rotationszeit der Sonne. In Vol. XX, Nr. 3, pag. 100 der Monthly Notices wird von Herrn *Carrington* bei der Versammlung der Societät vom 13. Januar 1860 hervorgehoben, dass die in England berechneten Elemente nicht merklich von den *Le Verrier*'schen abweichen, mit Ausnahme der Neigung, die zu etwa 11° 51′ gefunden ist. Die Neigung der Bahn gegen die Ebene der Mercurbahn betrage etwa 7°. Sodann wird noch als wichtig bezeichnet, dass, da die Beobachtung am 26. März und somit ungefähr 7½ Tage vor dem Durchgange der Erde durch die berechnete Knotenlinie angestellt sei, eben soviel Tage nachher in Frage kommen können, mithin die Bahn des Körpers bei jeder Conjunction 15 Tage lang auf dem Sonnendiscus projicirt erscheine.

Die Tage, welche eine besondere Aufmerksamkeit für die Zukunft erheischen, seien auf diese Weise von März 25 bis April 10 beim aufsteigenden Knoten, und von Septb. 27 bis Octbr. 14 beim niedersteigenden Knoten. In Vol. XX, Nr. 5, pag. 195 seq. der Monthly Notices finden sich Combinationen des Herrn *Radau* zwischen der *Lescarbault*'schen Beobachtung mit *Fritsch* (1802 October 10), mit *Stark* (1819 Octbr. 9) und interessante Ausführungen (auch in Beziehung auf die Excentricität), über welche man dort

das Nähere nachsehen kann. Die Intervalle zwischen den drei Beobachtungen sind darnach 6208 und respective 14413 Tage = $2 \times 6208 + 1997$ Tage. Mit Recht wird hervorgehoben, dass diese Intervalle zu gross sind, um es zu verhindern, gemeinsame Divisoren in beliebiger Zahl zu finden, mit denen sich synodische Umlaufszeiten herstellen lassen. Beschränke man sich mit Rücksicht auf das *Laplace*'sche Theorem, auf synodische Umlaufszeiten von etwa 31 und 27 Tagen, so finde man annäherungsweise:

$$6208 = 199 \times 31{,}197 = 202 \times 30{,}730 = 227 \times 27{,}350 = 230 \times 26{,}990$$

$$1997 = 64 \times 31{,}197 = 65 \times 30{,}730 = 73 \times 27{,}350 = 74 \times 26{,}990$$

wodurch man auf die siderischen Revolutionen von 28^d741; 28^d305; 25^d443 und 25^d113 geführt werde.

In der mehrerwähnten Broschüre p. 42 bemerkt Herr *Radau* noch, dass er am 7. Octb. (1860) Kenntniss von der durch *Fritsch* am 29. März 1800 angestellten Beobachtung erhalten, diese (um 21546 Tage von der *Lescarbault*'schen entfernte) Wahrnehmung mit den 3 anderen der Curiosität halber combinirt und so gefunden habe, dass die Zahl 28,0914 ein sehr annehmbarer gemeinsamer Divisor sei, indem:

$$28{,}0914 \times 221 = 6208{,}2$$
$$28{,}0914 \times 767 = 21546{,}1$$

der synodische Umlauf 28^d0914 gebe dann = 26^d0844 siderischen Umlauf. Hiernach habe man am 8. Octob. 1860 zwischen 10^h Morgens und 2^h Nachmittags Pariser Zeit eine fast centrale Passage des Körpers vor der Sonnenscheibe erwarten können. In Paris hat am fraglichen Tage gegen Mittag das Wetter sich aufgeklärt, es sind aber auf der Sternwarte nur unbewegliche Sonnenflecken gesehen. Gleiche negative Resultate haben im Frühlinge und Herbste desselben Jahres, sowie auch 1861 und 1862 im Frühjahr zahlreiche fleissige Beobachter auf der östlichen und westlichen Erdhalbkugel nur erlangen können. Es sei das wohl ein Beweis, wie sehr wir bei der fraglichen Angelegenheit noch im Reiche der Hypothese uns bewegen.

Der Vollständigkeit wegen dürfen sodann auch diejenigen Vergleichungen hier nicht übergangen werden, die Professor *Wolf* in Nr. 1242 der A. N. und in den Comptes Rendus vom 5. März 1860 veröffentlicht hat. Die Zahlen lauten (nach Berichtigung der Druckfehler) wie folgt:

Beobachtungen.				Differenzen.	
Dangos	1798	Januar	18	1725 Tage	= 82 × 21,037
Fritsch	1802	Octob.	10	6208 „	= 296 × 20,973
Stark	1819	Octob.	9	126 „	= 6 × 21,000
Stark	1820	Febr.	12	14287 „	= 680 × 21,010
Lescarbault	1859	März	26.		

„Es lassen sich also“ (fährt Prof. *Wolf* fort) „alle 5 Durchgänge durch einen Planeten von etwas mehr als 21 Tagen synodischer, oder nicht ganz 19,9 Tagen wirklicher Umlaufszeit „erklären, und mit dieser kleinen Vermehrung der Umlaufszeit „dürften sich wohl auch die aus den Beobachtungen *Lescarbault*'s „hervorgegangenen Daten vereinen lassen. Immerhin ist merkwürdig, dass die obigen Factoren 82, 296, 6, 680 sämmtlich „gerade Zahlen sind, so dass man also aus diesen Beobachtungen „allein mit gleichem Rechte auf einen Planeten von 42 Tagen „synodischer Umlaufszeit schliessen könnte, entsprechend wie ich „es bei der früheren Untersuchung machte.“

In Nr. 1281 der A. N. p. 141 discutirt sodann Herr *Liais* die obigen *Wolf*'schen Zahlen und sagt: „Die Uebereinstimmung zwischen der Dauer der so nach den Intervallen berechneten Perioden erscheint auffallend, aber sie ist deshalb nicht weniger fictiv, und rührt lediglich daher, dass für 3 der Intervalle die für „die Umläufe supponirten Zahlen sehr gross sind. Klar ist, dass, „wenn die Intervalle derartig sind, dass ihre Divisoren sehr gross „werden müssen, man stets Quotienten finden kann, die unter „sich nur um einen sehr kleinen Bruch differiren, und die man „nach Gutdünken um eine den Einheiten angemessene Zahl herum „variiren lässt. Führt man die Rechnung auf eine andere Art, so „sieht man leicht, dass die von Herrn *Wolf* citirten Beobachtungen „nicht Passagen des Planeten sein können, von dem *Lescarbault*

„spricht. In der That hätte man nach Herrn *Wolf* zur Erklärung „der verschiedenen in Frage stehenden Beobachtungen zwischen „1798 Januar 18 und 1860 (soll heissen 1859) März 26 = 1064 „Revolutionen und das Intervall dieser beiden Passagen würde „22346 Tage sein, was 21,002 Tage für die mittlere Dauer der „synodischen Umlaufszeit des supponirten Planeten geben würde. „Bemerken wir jetzt, dass dieser Werth der synodischen Revolu- „tion zwischen den Beobachtungen vom 26. März 1859 und denen „von 1802, 1819 und 1820 die Zahlen der Tage geben würde, wie „folgt:

Für die Beobachtung:			Rechnung.	Beobachtung.	Differ.
von 1820	680 Revol.	oder	14281^d	14287 =	—6
„ 1819	686 „	„	14407	14413 =	—6
„ 1802	982 „	„	20624	20621 =	+3

„Wie man sieht, erreichen die Differenzen mit dem was die mitt- „lere Revolution ergeben würde, beinahe $\frac{1}{3}$ der Periode, und „zwischen den Beobachtungen von 1802 und 1819 existirt fast die „grösste Verschiedenheit, der man begegnen kann, nämlich die „einer halben Periode, denn zwischen diesen beiden Observatio- „nen herrscht eine Differenz von 9 Tagen."

Dann wird noch bemerkt, dass auch eine grosse Excentricität der Bahn diese Differenzen nicht erklären könne, und noch angedeutet, dass um die Seltenheit der Passagen zu erklären, man eine grosse Neigung der Bahn annehmen müsse und man daher nicht wohl eine Passage am 9. October 1819 und gleich wieder eine an dem darauf folgenden 12. Februar haben könne.

Wollte man nun aus diesem letzteren Grunde die von der supponirten Knotenlinie zu entfernten Beobachtungen (1798 Jan. 18 und 1820 Febr. 12) weglassen und dagegen die (erst durch das spätere Schreiben des Referenten dem Herrn Prof. *Wolf* bekannt gewordene) *Fritsch*'sche Observation (1800 März 29), so wie *de Cuppis*' (1839 Octob. 2) und *Lummis*' (1862 März 20) in das obige Tableau aufnehmen, so würde man erhalten:

Diese Resultate würden indess zum Theil ähnlichen Einwendungen wie die des Herrn *Liais* unterworfen sein. In der That hätte man, wenn man überhaupt als Umlaufszeit eine Periode zulassen will, welche kleiner ist, als die Rotationsdauer der Sonne, dann folgendes Tableau:

	Observ.	Rechn.	Diff. O—C
Von 1800 März 29 bis 1859 März 26	21456^d	$21 \times 1026^R = 21456$	$=$ 0
„ 1802 Oct. 10	20621	$21 \times 982 = 20622$	$= -1$
„ 1819 „ 9	14413	$21 \times 686 = 14406$	$= +7$
„ 1839 „ 2	7115	$21 \times 339 = 7119$	$= -4$

In einem, von sehr geschätzter Seite kürzlich an den Refer. gerichteten Schreiben heisst es:

„Es lassen sich diverse Umlaufszeiten angeben, „welche die benutzten Beobachtungen eben so gut „darstellen, als die in Nr. 1242 der Astr. Nachr. ge„fundenen. Nimmt man z. B. die Umlaufszeit = 16 „Tage, so sind

„ von 1798 Jan. 18	bis 1802 Octb. 10	=	108	Revolution
„ „ 1802 Octb. 10	„ 1819 „ 9	=	388	„
„ „ 1819 „ 9	„ 1820 Febr. 12	=	8	„
„ „ 1820 Febr. 12	„ 1859 März 26	=	893	„

„Hiernach sind zwischen der letzten Beobachtung „und der

	Rechnung.	Beobacht.	Differenz.
„von 1820....893 Rev. oder	14288	14287	= 1 Tag
„ „ 1819....901 „ „	14416	14413	= 3 Tage
„ „ 1802...1289 „ „	20624	20621	= 3 „

„Also eine bessere Uebereinstimmung sogar als mit „*Wolf*'s Revolutionszeit!"

Auf das obige Intervall von 1800 März 29 bis 1859 März 26 = 21456^d würde indess die Zahl 16 nicht so gut passen.

(*Fritsch*) 1800 von Beginn des März 29 bis	(*Fritsch*) 1802 bis Beg. des Oct. 10	= 925^d	$= 44 \times 21{,}023$	
(„) 1802 „ „ „ Octb. 10 „	(*Stark*) 1819 „ „ „ Octb. 9	= 6208^d	$= 296 \times 20{,}973$	$= 295 \times 21{,}044$
(*Stark*) 1819 „ „ „ Octb. 9 „	(*deCuppis*) 1839 „ „ „ Octb. 2	= 7298^d	$= 348 \times 20{,}971$	$= 347 \times 21{,}031$
(*deCuppis*) 1839 „ „ „ Octb. 2 „	(*Lescarb.*) 1859 „ „ „ März 26	= 7115^d	$= 339 \times 20{,}988$	$= 338 \times 21{,}050$
(*Lescarb.*) 1859 „ „ „ März 26 „	(*Lummis*) 1862 „ „ „ März 20	= 1089^d	$= 52 \times 20{,}956$	

Ref. will daher hierbei um so weniger für jetzt verweilen, als sich wenigstens von der ersten der dabei zum Grunde gelegten Beobachtungen, durch Rechnung zeigen lässt, dass sie keinenfalls einem Planeten angehören kann, dessen **ganze** Bahn von der des Mercur eingeschlossen wäre.

Ref. meint die Beobachtung des Pastors *Fritsch* vom 29. März 1800, die er zu den am besten beglaubigten der im 2ten Theile befindlichen Sammlung zählen möchte, und die er genauer hält, als die *Lescarbault*'sche, die bereits von so Vielen in Rechnung genommen ist. *Fritsch* hat durch den Zusatz, dass der Fleck ganz dem Äquator parallel fortrückte und von letzterem einen nördlichen Abstand von 45″ besessen habe, für die Rechnung einen Anhaltspunkt geliefert, dessen die Beobachtung entbehren würde, falls nur die mittelst des Kreismicrometers und des im Brennpunkte aufgestellten Haarfadens gefundenen Rectascensions-Unterschiede des Flecks mit dem westlichen Sonnenrande gegeben wären. Die Beobachtung selbst ist vom Referenten in folgender Weise aufgefasst:

1) Nach dem Sinn der ganzen *Fritsch*'schen Mittheilung ist unter dem „Aequator", mit dem der Fleck parallel fortrückte, der Sonnenaequator und nicht etwa der Himmelsaequator, oder dessen durch den Sonnen-Mittelpunkt gehender Parallel zu verstehen.

2) Allem Anschein nach und mit Berücksichtigung der Note von *Bode*, hat *Fritsch* den Fleck viel öfterer als nur 3 mal mit dem Sonnenrande durch die Kreismicrometer-Passage verglichen, und die gefundenen Rectascensions-Unterschiede durch Rechnung auf die 3 gleichen Zeitintervalle 10^h, 1^h und 4^h reducirt. Falls er es selbst unterlassen haben sollte, dabei die beobachteten Unterschiede mit dem Cosinus der Declination zu multipliciren, so würde bei der geringen Sonnendeclination von nur $3^\circ 6$ dies noch nicht viel schaden können.

3) Die gefundenen Declinationsunterschiede sind leider nicht mit angegeben, und müssen daher, so gut es gehen will, aus der allgemeinen Äusserung, dass der Fleck sich dem Sonnenaequator parallel im nördlichen Abstande von 45″ bewegt habe, ergänzt und abgeleitet werden. Um zur Angabe dieses Abstandes zu gelangen, wird sich *Fritsch* — ähnlich, wie es Referent in Taf. *B.*

gethan — eine Zeichnung des Sonnenumkreises entworfen, und darin Ekliptik nebst Breitenkreis, sowie (nach Berechnung des Winkels des Breitenkreises mit dem Meridian) den durch den Sonnenmittelpunkt gehenden Parallel des Himmelsaequators, die auf letzteren rechtwinklich stehenden, den Zeitmomenten 10^h, 1^h und 4^h angehörenden Stundenkreise als gerade Linien eingetragen und auf letzteren die berechneten Unterschiede der Declination des Flecks mit der Declination des Sonnenmittelpunkts abgesetzt haben. Zum Schlusse wird er dann in die Figur den Sonnenaequator eingezeichnet haben (was er nach seiner Auffassung des Phänomens für das Wichtigste halten musste), wozu er z. B. die Anleitung der damals sehr verbreiteten Berliner Sammlung Astronomischer Tafeln von 1776 (wo Band I. p. 282 die *Mayer*'schen Sonnentafeln nach der Londoner Ausgabe von 1770 sich finden und in Tafel 23 die Construction des Sonnenaequators gelehrt wird) leicht entnehmen konnte.

Bei der Figur hat Referent zur vorläufigen Construction angenommen: heliozentrische Länge der Erde = $188° 32'$; heliozentrische Länge des niedersteigenden Knotens des Sonnenaequators = $254°$; Neigung $7\frac{1}{2}°$; Winkel des Meridians mit dem Breitenkreise = $23° 14'$ (um welchen ersterer östlich von letzterem liegt). Je grösser man die Figur entwirft, je stärker muss, bei der gegebenen Erdlänge, in der Zeichnung die Abweichung der Sonnenaequator-Curve von der geraden Linie, namentlich in der Nähe der Sonnenperipherie, hervortreten. Das durch die Stundenkreise der 2ten und 3ten Beobachtung (also für 1^h und 4^h) abgeschnittene Stück des Sonnenaequators ist aber fast geradlinig, und setzt man auf den beiden Stundenkreisen $45''$ nach Norden vom Sonnenaequator ab und verbindet diese beiden Punkte durch eine gerade Linie, so läuft letztere (namentlich wenn die Zeichnung etwas kleiner ist) dem Aequator parallel. Verlängert man dann diese gerade Linie nach beiden Seiten bis an den Sonnenrand, so würde dieselbe den von dem Flecke scheinbar beschriebenen Weg auf der Sonnenscheibe andeuten. *Fritsch* konnte auf diese Weise recht wohl sagen, der Fleck sei dem Aequator parallel fortgerückt, obgleich der Punkt, wo jene nach dem östlichen Sonnenrand verlängerte gerade Linie den der ersten Observation (um 10^h) angehörenden Stundenkreis schneidet, etwas weiter nach Norden vom

Sonnenaequator absteht. Ref. kann auch nicht der Ansicht sein, dass durch die Art, wie auf diese Weise für die Coordinaten des ersten Fleckenortes ein genäherter Werth gewonnen ist, in die *Fritsch*'sche Beobachtung ein unzulässiger Zwang hineingetragen wird.

Die Rechnung für die Kreisbahn wurde nun nach den bekannten Vorschriften — wie sie z. B. *von Littrow* im 2ten Theile seiner theoretischen und praktischen Astronomie (pag. 194) und *Bode* im Astronom. Jahrbuch pro 1815 (pag. 96 seq.) geben — geführt und wobei die Gleichung

$$\frac{k}{2a} - \sin\frac{\mu t}{2a^{\frac{3}{2}}} = 0$$

besteht, wo k die heliocentrische Chorde, a der Halbmesser der Kreisbahn, t die Zwischenzeit und μ die Constante = 3548″18761.

Es wurde dabei die erste und dritte Observation von *Fritsch* (10^h Morgens und 4^h Nachmittags) zu Grunde gelegt; also das Intervall 6 Stunden.

Nach den *Hansen*'schen Sonnentafeln hat man:

0^h Paris	Scheinb. tropische Länge der Sonne	log *R*
1800 März 28	7° 34′ 23″5	9,9995356
— — 29	8 33 37,3	9,9996590

Der Halbmesser der Sonne = 962″8. Nach den *Mayer*'schen (für den Berliner Meridian eingerichteten) Tafeln hat man für die Sonnenlänge 8°28′, den scheinbaren Neigungs-Winkel der Sonnenaxe mit dem Breitenkreise = 0° 55′, und hiermit den Abstand der (45″ nördlicher als die Linie des Sonnen-Aequators von der Ekliptik liegenden) scheinbaren Planeten-Chorde vom Sonnen-Mittelpunkte im Breitenkreise = 155″3. Der Breitenkreis des Sonnen-Mittelpunkts wird von dieser Chorde unter dem Winkel von resp. 2°42′4″ und 87° 17′ 56″ geschnitten.

Quedlinburg westlich von Berlin (alte Sternwarte) = $8^m 56^s$; Paris — Berlin = $44^m 10^s$; also Paris — Quedlinburg = $35^m 14^s$. Polhöhe = 51° 47′ 55″.

Nachdem eine vorläufige Berechnung den Halbmesser der Kreisbahn = 0,76 ergeben hatte, wurde mit dem daraus resulti-

renden ϱ (= Entfernung des Körpers von der Erde = 0,24) eine erste Verbesserung für Parallaxe und Aberration gesucht und so wurden für die 3 Beobachtungen folgende geocentrische Längen und Breiten (λ, β) gefunden:

I.	$d\lambda' = \odot' + 0^\circ 14' 57''5$;	$\beta' = + 0^\circ 3' 17''5$
II.	$d\lambda'' = \odot'' + 0\ \ 4\ \ 57{,}7$;	$\beta'' = + 0\ \ 2\ \ 49{,}2$
III.	$d\lambda''' = \odot''' - 0\ \ 5\ \ 17{,}5$;	$\beta''' = + 0\ \ 2\ \ 23{,}0$

Es liess sich hierbei der obigen Gleichung nur genug thun durch:

$$\log a = 9{,}9912261,$$

woraus $\log \varrho' = 8{,}2831268$, $\log \varrho''' = 8{,}2847282$, wodurch

die heliocentrische	Breite	von	I.	=	+0° 0′ 4″3
„	„	„	III.	=	+0 0 3,0
„	Länge	„	I.	=	188 27 42″3
„	„	„	III.	=	188 42 54,4

und hiermit die Länge des aufsteigenden Knotens = 9° 20′ 3″, und die Neigung der Bahn = 0° 4′ 41″, sowie die für den Durchgang sich ergebende bedeutende Horizontalparallaxe von 445″7 = 7′25″7.

Aus $\log a = 9{,}9912261$ würde die siderische Umlaufszeit um die Sonne = 354,35 Tagen folgen, sowie eine Annäherung an die Erde in der unteren Conjunction bis auf etwa 397 tausend geographische Meilen. Man hätte

$$\log t \text{ siderisch} = 2{,}5494370$$
$$\log t \text{ tropisch} = 2{,}5494207$$
$$\log t \text{ synodisch} = 4{,}0749713$$
$$= 11884{,}21 \text{ Tage.}$$

Es würde daher eine neue Correction für Parallaxe etc. behuf der geocentrischen Breite vorgenommen und dadurch die Umlaufszeit noch etwas grösser werden müssen. Diese neue Rechnung hat Referent um so mehr unterlassen, da es nicht seine Absicht war, einen Versuch zur bestmöglichsten Bahnbestimmung des Körpers zu machen, sondern nur zu zeigen, dass das von *Fritsch* Beobachtete nicht wohl einem Intra-Merkurial-Planeten angehören kann. Trägt man in die Taf. *C.* die den 3 Orten angehörenden Verticalkreise ein und setzt darauf die den 3 Höhen entsprechenden Höhenparallaxen ab, so ergiebt die Construction, wie erheblich kürzer

die geocentrische Chorde (wobei der Ort I. ausserhalb des Sonnendiscus fällt) wird, als die dem Horizonte von Quedlinburg angehörende.

Nun ist am 2. October 1839 im mittleren Berliner Mittag die heliocentrische Länge der Erde = 9°19′, an welchem Tage von *de Cuppis* zu Rom der Durchgang eines Flecks in 6 Stunden beobachtet, aber nicht gesagt ist, ob dabei nur eine Sehne des Sonnendiscus, oder dessen ganzer Durchmesser in Frage steht. Wollte man sich nun die Hypothese gestatten, dass das Object der Observation von *de Cuppis* mit dem der *Fritsch*'schen vom 29. März 1800 identisch sei, und es sich deshalb dabei um Beobachtung eines Durchgangs in der Nähe des aufsteigenden Knotens handelte, so wäre das Zeitintervall = 14431 Tage, oder etwa 39½ Jahre und dies repräsentirte (mit Vernachlässigung aller Störungen, sowie der durch die Excentricitäten beider Bahnen, d. h. der Erdbahn und der Planetenbahn, hervorgerufenen Ungleichheiten) die synodische Umlaufszeit eines Planeten von 356,24 Tagen siderischer Revolution, dessen Logarithmus des mittleren Sonnenabstandes = 9,9927631, wonach am 29. März 1800 eine Annäherung des Körpers an die Erde bis auf 325558 Meilen stattgefunden haben könnte. Leider geben weder *Fritsch* noch *de Cuppis* eine scheinbare Grösse des Flecks, noch die bei den Fernröhren benutzte Vergrösserung an. *Fritsch* sagt nur: „ein kleiner, fast ganz nebelfreier Fleck"; bei *deCuppis* ist es „un point-opaque".

Nähme man nach einander 3″, 6″, 8″ als scheinbaren Durchmesser,*) so kämen bei der letzten Hypothese über seinen Erdabstand die wirklichen Durchmesser von ungefähr 5, 9 und 13 geographischen Meilen heraus. Betrachtet man die von Herrn Prof. *Argelander* in Nr. 982 pag. 340 der Astron. Nachr. gegebenen Durchmesser und mittleren Helligkeiten der dort aufgeführten Asteroid-Planeten, z. B. für Thetis (8 Meilen), Urania und Melpomene (etwa 11 Meilen), Astraea und Bellona (13 M.), so würde man wegen der grösseren Nähe dieses hypothetischen Fremdlings bei der Sonne und dessen dadurch gewonnene stärkere Erleuchtung die Hoffnung vielleicht nicht aufzugeben brauchen, diesen kleinen

*) Anmerkung. Der scheinbare Merkur-Durchmesser beträgt
bei der Novbr.-Conjunction = 10″
" " Mai- " " = 12″.

Körper unter günstigen Verhältnissen auch ausserhalb der Sonne als kleinen Wandelstern am Himmel beobachten zu können. Die nächste untere Conjunction würde aus der Hypothese auf den Frühling des Jahres 1879 zu setzen sein. Der hohe wissenschaftliche Nutzen, der, falls demnächst der Nachweis eines so belegenen Körpers gelingen sollte, daraus mit der Zeit, namentlich in Bezug auf Erforschung der Sonnenparallaxe, geschöpft werden könnte, liegt zu sehr auf der Hand um noch einer weiteren Bemerkung zu bedürfen.

Nachdem das Manuscript dieser Abhandlung bereits behuf des Druckes nach Altona gesandt war, gelang es, wie schon bemerkt, dem Referenten, die *Cassini*'sche Beobachtung von 1701 März 29 aufzufinden.

Wollte man hiernach annehmen, dass der auf dem *Cassini*-schen (Sohn) Kupferstiche etwa in der Mitte der fein gezeichneten Gruppe befindliche runde und ganz unbehofte Fleck (während die andern behoft gezeichnet sind),*) ein subtellurischer Planet gewesen sei, so könnte man an eine Identität mit dem von *Fritsch* 1800 März 29 beobachteten Körper denken und hiermit combiniren.

Von 1701 März 29 5^h Montpellier bis 1800 März 29 $1\frac{1}{2}^h$ Nachm. Montpellier = 36158,85 Tage. Nun war aus *Fritsch* allein vorläufig gefunden: $\log a = 9{,}9912261$, $☊ = 9°20'3''$, $i = 0°4'41''$. Betrachtet man die obigen Werthe für a und i als genäherte, so könnten in dieser Zwischenzeit nur etwa drei synodische Umläufe stattgefunden haben und man erhielte auf diese Weise eine synodische Umlaufszeit von nicht ganz 12053 Tagen, und folgende

*) Auch in den viel roheren Holzschnitten (pag. 76 der Histoire) ist dieser Fleck, im Gegensatz der andern, unbehoft dargestellt (freilich auch etwas eckig und nicht so rund wie bei *Cassini* Sohn), welcher dem Sonnenmittelpunkt nahe steht, und der, nachdem es am folgenden Tage trübe, am nächst folgenden (allerdings mit der ganzen Gruppe) bereits verschwunden war.

Nach der umstehenden Durchzeichnung ist der Fleck etwa zwei Minuten vom Sonnenmittelpunkte im grössten Kreise der Sphäre entfernt und hat (by inverting telescope) eine kleine südliche Breite in Beziehung auf die Ekliptik, kann aber bei anständiger Parallaxe geocentrisch doch etwas nördliche Breite haben.

fernere Angaben: log t synodisch = 4,0810933, sodann log t tropisch = 2,5496020, log t siderisch = 2,5496183 (33) und hieraus log a = 9,9913470. Referent lässt es dahin gestellt sein, ob diese Uebereinstimmung etwas mehr ist, als das Spiel eines neckischen Zufalls. Eventuell würden somit 34 tropische Umläufe dieses subtellurischen Planeten = 33 tropischen Erdumläufen sein. Von 1701 März 29 0^h ausgehend, erhielte man sodann alle unteren Conjunctionen nur im März und gar keine im October, und die nächste Conjunction würde in die letzten Märztage oder Anfang April des Jahres 1866 fallen.

Einige Berechnungen und Folgerungen aus den Beobachtungen eines angeblichen Venustrabanten.

Unter den Haupteinwürfen, die man gegen das Vorhandensein noch anderer subtellurischer Planeten ausser Venus und Mercur vorgebracht hat, befindet sich auch der, dass dergleichen Gestirne doch auch ausserhalb der Sonnenscheibe am Abend- oder Morgenhimmel unter günstigen Verhältnissen sichtbar sein müssten, dergleichen aber bislang nicht beobachtet sei. Es entsteht nun eben die Frage, ob der eine oder der andere derartiger hypothetischer Planeten, die einem starken Phasenwechsel unterworfen sein müssten, nicht irrig für einen Venusmond von den Beobachtern angesehen war zu einer Zeit, wo sich der Planet in einer optischen, oder selbst physischen Nähe bei der Venus befunden hatte. Ueberblickt man das am Ende des zweiten Theils dieser Abhandlung befindliche Verzeichniss jener Beobachtungen eines angeblichen Trabanten, mit der Absicht, letzteren in einen solchen Planeten zu verwandeln und eine Bahnbestimmung zu versuchen, so überzeugt man sich leicht, dass zunächst nur die *Montaigne*schen Wahrnehmungen und Angaben sich hiezu eignen. In der That möchten die *Hell*'schen Einwendungen optischer Täuschungen gerade auf diese am wenigsten passen. Auch haben sie neben dem Vortheil, dass sie eine Serie von 4 Beobachtungen darbieten, noch den Vorzug, dass der Abstand des Objects von der Venus gross genug ist, um nicht von vornherein zu der Besorgniss Anlass zu geben, dass man günstigsten Falls eine Bahn herausbekommen werde, die der Venusbahn selbst so ähnlich sieht, wie

ein Ei dem anderen. Die übrigen älteren Beobachtungen sind theils zu sporadisch und die Zwischenzeiten zu gross, theils entziehen sie sich der Rechnung, weil wie z. B. bei *Montbarron* gar keine Distanz von Venus angegeben ist. Diese übrigen Beobachtungen können daher erst später zu Vergleichungen benutzt werden, wenn man glaubt, im Besitze genäherter Bahnelemente zu sein. Dann können sie aber auch vielleicht zu ganz verwerflichen Anhaltspunkten dienen.

Der Versuch einer solchen Bahnbestimmung aus *Montaigne's* Angaben — die die Encyclopédie in Betreff der Distanzen nur als „Schätzungen" bezeichnet, und die *Lambert* „eben nicht allzugenau" nennt, wurde in folgender Weise gemacht.

Nach *Arago* liegt Limoges $0^h 4^m 19^s$ westlich von Paris unter $+ 45^\circ 49' 52''$ geogr. Breite, Der Meridianunterschied mit Berlin (alte Sternwarte) beträgt also $48^m 29^s$.

Zunächst wurden nun die geozentrischen Venus-Orte für die 4 Beobachtungen gesucht. Leider konnten dabei keine andere Venus- und Sonnentafeln benutzt werden, als die in der Berliner Sammlung von 1776 befindlichen *Halley*'schen Venus-Tafeln und *Mayer*'schen Sonnen-Tafeln. Der Fehler der Ersteren ist daselbst im 2ten Baude pag. 267 gefunden (Rechn. — Observ.) bei der Conjunction von 1761 $= - 0' 56''$. Diese geocentrischen Orte hätten nun in scheinbare für den Horizont von Limoges verwandelt werden müssen, um an dies Resultat die *Montaigne*'schen Distanz- und Winkelangaben anzubringen und sodann wieder die Reduction auf den Mittelpunkt der Erde zu machen, nachdem die ersten genäherten Elemente gefunden worden waren. Da der Stand der meteorologischen Instrumente von *Montaigne* nicht angegeben ist, so hätte man bei der Strahlenbrechung keine scharfe Rechnung zulegen können. Auch schien es dem Referenten sehr fraglich, ob man bei der blossen „Schätzungsnatur" der Observationen sich hierdurch der Wahrheit anders als in imaginärer Weise genähert hätte. Nach Berechnung des Winkels des Vertikals mit dem Breitenkreise der Venus wurden deshalb die *Montaigne*'schen Distanzen und Stellungswinkel des vermeintlichen Trabanten unmittelbar an die geocentrischen Venusorte angebracht, und die so erhaltenen Orte als geocentrische Orte des zu bestimmenden Planeten angesehen.

Diese Orte nebst den zugehörigen Venusorten wurden nun zur besseren Uebersicht und Vergleichung auf einem grossen Bogen Projectirpapier eingezeichnet. Ein Blick auf die Zeichnung ergab, dass der eigenthümliche Stellenwechsel des neben der Venus gesehenen kleinen Gestirns die Annahme eines Trabanten, dessen Bahn nahezu senkrecht auf der Venusbahn stand, ganz plausibel erscheinen lassen musste und *La Grange*, der aus seinen (bis jetzt uns leider nicht zugänglich gewordenen) Beobachtungen vom 10. bis 12. Februar 1761 ebenfalls eine sehr starke Neigung abgeleitet hatte, und deshalb die Sache gänzlich condemnirte, *) würde dies wahrscheinlich nicht so unbedingt gethan haben, wenn ihm, wie uns, die starke Neigung der Uranus-Trabanten-Bahnen bekannt gewesen wäre. Für eine Planetenbahn hat allerdings der starke Wechsel in der Breite zwischen Mai 4, Mai 7 und Mai 11 etwas Befremdliches. Um zu einem vorläufigen Überschlag in der Sache zu gelangen, wurden zunächst verschiedene Combinationen von je zwei der Beobachtungen unternommen und daraus Kreisbahnen abgeleitet. Diese Bahnen zeigten sich aber als völlig mit einander unvereinbar. So wurde unter andern erhalten:

I. Aus Mai 3 und Mai 4:
log a (Halbmesser der Kreisbahn) $= 9{,}8604907$ also $a = 0{,}72525$; ☊ $= 96^\circ 43' 10''$ und Neigung $= 2^\circ 26' 44''$.

II. Aus Mai 7 und Mai 11:
log $a = 9{,}8225063$ also die Zahl $a = 0{,}6645$; ☊ $= 42^\circ 9' 13''$; $i = 10^\circ 18' 6''$.

III. Aus Mai 4 und Mai 7: (mit besonderer Sorgfalt berechnet)
log $a = 9{,}8282785$; a also $= 0{,}6734083$; log $\varrho' = 9{,}7139305$; log $\varrho'' = 9{,}6928004$. Heliozentrische Breite I. $= +3^\circ 19' 35''$; helioz. Breite II. $= +3^\circ 33' 21''$; helioz. Länge I. $= 197^\circ 6' 36''$; helioz. Länge II. $= 202^\circ 28' 15''$; ☊ $= 145^\circ 18' 40''$; $i = 4^\circ 13' 48''$; log $t = 2{,}3050156$; sider. $t = 201^d 844$.

*) Die oben in der Note citirte Stelle bei *Hell*, dass *La Grange* ihn benachrichtigt: „Satellitem hunc Veneris sibi nunquam visum“ braucht deshalb auch wohl nicht geradezu so verstanden zu werden, dass *La Grange* gar keine Beobachtung angestellt habe, sondern nur die Behauptung, dass seiner Meinung nach Dasjenige, was ihm erschienen, kein Venus-Satellit gewesen sein könne.

Endlich IV. aus Mai 3 und Mai 11:

log a = 9,8383205 ; log ϱ' = 9,6934505 ; log ϱ' = 9,6365629 ;

helioz. Breite I.	+ 3° 1′ 39″58		
" " II.	+ 2 35 24,48	☊ = 81° 43′ 10″	
" Länge I.	197 42 8	i = 3 22 2″5.	
" " II.	211 28 14		

Hierauf wurde ein Versuch gemacht, aus Mai 3, 4 und 7 erste genäherte elliptische Bahn-Elemente zu erhalten, wobei die Näherungsformel benutzt ward, die unter Andern *Littrow* Band II. pag. 128 und 138 seq. abdruckt und auf die Vesta-Bahn als Beispiel anwendet, und wo die Gleichungen bestehen

$$\frac{\alpha}{B''} \cdot \frac{2}{\mu^2 \vartheta \vartheta''} = -\left(\frac{1}{D''^3} - \frac{1}{r''^3}\right) \frac{D''}{\varrho''}$$

$$r''^2 = D''^2 + \varrho''^2 \sec \beta''^2 + 2 D'' \varrho'' \cos (L'' - \lambda)$$

und sodann die weiteren Formeln zur Bestimmung von ϱ' und ϱ'''. Hier ist L = helioz. Länge der Erde; D = Entfernung der Erde bis zur Sonne; ϱ = der curtirten Distanz Erde—Planet; r = Radius vector; $B'' = \text{tang}\, \beta''' \sin (L'' - \lambda') - \text{tang}\, \beta' \sin (L'' - \lambda''')$; ϑ = Zeit zwischen der 2ten und 3ten, ϑ'' = Zeit zwischen der 1sten und 2ten Beobachtung; μ^2 die bekannte Constante, deren log = 6,4711629—10; endlich:

$$\alpha = \text{tg}\, \beta' \sin (\lambda''' - \lambda'') - \text{tg}\, \beta'' \sin (\lambda''' - \lambda') + \text{tg}\, \beta''' \sin (\lambda'' - \lambda').$$

Dieser Versuch scheiterte, weil sich aus der ersten Gleichung ein Werth ergab, dem sich in keiner Weise durch möglich bleibende Annahmen für ϱ'' und r'' genugthun liess.

Ref. war nahe daran, die Versuche als vollständig unfruchtbar aufzugeben, als ihm einfiel, wie es immerhin möglich bleibe, dass sich nicht alle 4 Beobachtungen auf ein und dasselbe Object thatsächlich beziehen mochten. Aus dem in der Encyclopédie Erzählten geht hervor, dass am 5. und 6. Mai „wegen eines dicken Nebels" nicht beobachtet werden konnte, so dass kaum die Venus selbst zu sehen war. Dagegen heisst es (nachdem die Beobachtung vom 7. Mai gegeben) „in den folgenden Tagen wurde der Satellit durchaus nicht erblickt (les jours suivants le satellite ne fût point apperçu) bis zum 11. desselben Monats, wo er nochmals gegen 9h erschien" u. s. w. In dieser Zwischenzeit vom 7. bis 11. Mai ist also das Wetter an-

scheinend gut genug gewesen, so dass der vermeintliche Satellit hätte erblickt werden können, wenn er sich noch in solcher optischen Nähe bei Venus befunden hätte, um mit letzterer gleichzeitig im Gesichtsfelde des Fernrohrs zu erscheinen. Die Anführung von *Hell* scheint diese Auffassung eher zu bestätigen, als zu widerlegen, denn bei ihm lautet, nach der Relation aus *Baudoin,* die Stelle wegen der Tage zwischen Mai 7 und 11: „die 11 Maji hora 9 vespertina (die fere unica, qua circumstantiae favebant, remotiore adhuc luna et crespusculo atque coelo etiam a nubibus libero).“ Die Bemerkung über Mondschein und Dämmerung bezieht sich offenbar auf die dem 11. folgenden Tage, und der Zusatz „**fere**“ möchte gerade andeuten, dass zwischen Mai 7 und 11 doch noch der eine oder andere Tag an sich günstig genug gewesen ist.

Sollte ein merkwürdiger Zufall es so gefügt haben, dass es *Montaigne* geglückt war, in Zeit von 8 Tagen zwei von einander verschiedene subtellurische Planeten nahe bei der Venus und in demselben Gesichtsfelde zu erblicken?!

Falls bei einem derselben sowohl die heliocentrische als geocentrische Breite in der Abnahme blieb, so war es bei der, der Venus fast gleichen Längenbewegung denkbar, dass derselbe am 5./6. Juni 1761 nicht allzu ungleichzeitig mit Venus vor dem Sonnendiscus vorbeiging. In der That haben wir erfahren, was von *St. Néost* in England, von *Scheuten* in Crefeld und von *Lambert*'s Freunden in Augsburg gesehen ist.

So kam Ref. auf die Idee, die Beobachtungen von Mai 3 und Mai 11 (wobei die Breiten abnehmen und für welche die Kreisbahn-Hypothese den Knoten [der sich eventuell in etwa 76° befinden muss] zu ungefähr 81° ergeben hatte) dem Planeten zuzutheilen, der einige Zeit nach Venus am 5./6. Juni den Sonnendiscus passirte; dagegen die Beobachtungen von Mai 4 und Mai 7, wo die Breiten zunehmen, auf einen zweiten Planeten zu beziehen, für den man sich zunächst an die Kreisbahn zu halten hätte.

Die Orte Mai 3 und Mai 11 wurden nun mit dem durch die *Scheuten*'sche Observation für Juni 6, Crefeld 0^h, gegebenen Orte (gleich dem Mittelpunkte der Sonne und zugleich Länge des Knotens) zur Berechnung genäherter elliptischer Elemente verbunden. Das Resultat folgt weiter unten.

Zunächst will sich Ref. über die aus Mai 4 und Mai 7 versuchte Kreisbahn-Bestimmung noch einige Bemerkungen erlauben, die er mit Nachsicht aufzunehmen bittet.

Die dort gefundene Länge des aufsteigenden Knotens = 145° ist ungefähr die heliocentrische Länge der Erde für den 14. Febr. Nun haben aber am 12. Febr. 1820 *Stark* sowohl, als unabhängig von ihm *Steinheibel* den besonderen Sonnenfleck gesehen, dessen in der 2ten Abtheilung dieses Aufsatzes erwähnt ist. Da keiner jener beiden Beobachter die wirkliche Eintritts- und Austrittszeit anzugeben vermag, so ist die Idee *Stark*'s, der ihn sofort von der Mercur-Bahn eingeschlossen sein lässt, durch nichts a priori gerechtfertigt, und ob bei der Angabe des Zeitungsreferats aus der *Steinheibel*'schen Beobachtung, wonach der „Durchmesser der Sonne“ in nahezu 5 Stunden durchlaufen sein soll, das Wort „Durchmesser“ in streng mathematischem Sinne genommen worden ist, oder nicht auch eine kleinere Sehne bedeuten kann, steht dahin. Für den 12. Febr. 1820 0^h Berlin giebt das *Bode*'sche Jahrbuch die heliozentrische Länge der Erde = 142° 43′. Der vorhin für den Halbmesser der Kreisbahn gefundene Werth = 0,6734083 würde eine siderische Umlaufszeit von 201^d 8438 ergeben. Leider ist das Intervall von 1761 Mai 7 9^h Abends bis 1820 Febr. 12 0^h = 21463,6 Tage, also wieder von einer so fatalen Grösse, um nicht durch leichte Aenderungen der Umlaufszeit, die bei der an sich unwahrscheinlichen Kreishypothese ganz wohl zulässig erscheinen, eine untere Conjunction mit sichtbarem Durchgange in der Nähe des aufsteigenden Knotens am 12. Februar 1820 produciren zu können, ohne dass sie in Wirklichkeit dem in Frage stehenden Körper angehört zu haben braucht. Lässt man die Zahl 201^d 8438 ungeändert, so sind in jenem Intervalle 106 volle Umläufe und der Bruchtheil von 0,33775 eines Umlaufs vollendet, also 121°35′, welche zu der für Mai 7 gefundenen heliozentrischen Länge von 202° 28′ addirt für 1820 Febr. 12 die heliozentrische Länge = 324° 3′ giebt, also den Körper beinahe genau in den niedersteigenden Knoten bringt, mithin eine Differenz von 180° zeigt. Um die heliozentrische Länge von 142° 43′ zu erzeugen, hätte ausser den ganzen Umläufen statt des Bruches 0,3377 etwa 0,834 kommen müssen. Da es sich hier um volle 180° Differenz handelt, so hätte man also z. B. zunächst die Umläufe zu

106,834 oder zu 105,834 versuchsweise annehmen können, wodurch für die Umlaufszeit t, log t = 2,3029934 oder resp. 2,3070778 erhalten wären.

Zur weiteren Prüfung boten sich nun dar:

1) die *Cassini*'sche Beobachtung von 1705 Aug. 3,
2) die *Pastorff*'sche von 1837 Febr. 16,
3) die *Spoerer*'sche von 1862 August 11,

theils, indem man die Intervalle mit angenäherten Werthen für die synodische Umlaufszeit benutzte, um für letztere ganze Zahlen, oder doch möglichst kleine Brüche zu erhalten, — theils indem man mit den so erhaltenen (also von der *Montaigne*'schen Beobachtung 1761 Mai 7, $9^h 30^m$ [oder 10^h, um die Meridiane auszugleichen] unabhängigen) Werthen die letztere in heliozentrischer Länge wieder darzustellen suchte.

Inzwischen wollten alle diese Versuche nicht recht befriedigen. Namentlich zeigte die *Cassini*'sche von 1705 zu grosse Abweichungen und Ref. beschloss daher, diese Observation ganz wegzulassen, da sie ohnehin gar zu weit vom niedersteigenden Knoten entfernt liegt, und sie überhaupt auch deshalb wohl nicht auf einen Planeten zu beziehen ist, weil es sich dabei um zwei plötzlich verschwundene Flecken handelt.

Dagegen schien es dem Referenten der Mühe werth, zu versuchen, wie sich die Sache stellen würde, wenn man die *Staudacher*'sche Beobachtung von 1762, die in manchem Betracht so viele Aehnlichkeit mit der von *Stark* (1820 Febr. 12) darbietet, heranzöge.

Nach *Wolf* steht das fragliche Sonnenbild zwischen den Bildern von Febr. 13 und März 2 im Original-Tagebuche ohne nähere Datumsangabe. Die Auslassung des genauen Datums schien dem Referenten am erklärlichsten, wenn sich das Bild auf die zuletzt gemachte Beobachtung beziehen sollte, ehe *Staudacher* mit dem neuen Datum März 2 begann. Er hat daher dafür geradezu 1762 Febr. 13 0^h angesetzt, und hiermit würde das Intervall zwischen *Staudacher* und *Montaigne* Mai 7, 10^h = $281^d\,14^h$ = $281^d\,583$. Man hatte also, nachdem vorläufig etwa 200 Tage Umlaufszeit aus *Montaigne* Mai 4 und Mai 7 gefunden waren, nur die Wahl, die Zahl der immittelst stattgefundenen Revolutionen entweder auf $0^R 84$ oder $1^R 84$ zu setzen. Ersteres hätte auf eine Umlaufszeit von

ad *C* Intervall 36984^{d}58 log = 4,5680207 trop. Rev.
— 2,1800027
2,3880180 = 244^{R}35

ad *D* Intervall 281^{d}583 log = 2,4496064
— 2,1800027
0,2696037 = 1,860.

Aus der tropischen Umlaufszeit von 2,1800027 würde sich der log der siderischen Umlaufszeit ergeben zu 2,1800097 und hiemit der log der grossen Halbachse = 9,7449412, NZ = 0,555829.

Trägt man die so entstehende Kreisbahn excentrisch in eine Zeichnung ein, welche die nach ihren Sonnenabständen im richtigen Verhältnisse als excentrische Kreise dargestellten Bahnen des Mercur, der Venus und der Erde enthält, und zwar so, dass der aus *Montaigne* (Mai 4 und 7) oben zu 0,6734 gefundene Kreisradius nach 202° der heliocentrischen Länge zu liegen kommt, und nimmt dies zugleich als vorläufige Länge des Aphels, indem man von dem Endpunkte dieses Radius, die obigen mit 0,5558 nach dem Mittelpunkte der Sonne hin absetzt, so sieht man, dass die so entstehende Bahn, der excentrischen Mercurbahn sich in etwa 336° der heliozentrischen Länge bis auf ungefähr 0,08 nähern würde. Die Excentricität der Bahn (in Theilen der grossen Halbaxe ausgedrückt) wäre dann gleich 0,2115, also von der der Mercurbahn nicht sehr verschieden. Zugleich aber ergiebt sich, dass der einer solchen Bahn angehörende Körper, bei einer unteren Conjunction im Februar der Erde erheblich näher stehen würde, als bei einer unteren Conjunction im August, indem man für Febr. Δ = 0,373 und August Δ = 0,520 erhalten würde.

Nach *Montaigne* betrug 1761 Mai 7 der scheinbare Durchmesser des „Trabanten" etwa $\frac{1}{4}$ Venusdurchmesser. Setzt man den letzteren = 42″4, so wird der des „Trabanten" also = 10″6, woraus bei log Δ = 9,6928 der wahre Durchmesser = 524 geographische Meilen folgt.

Stark setzt 1820 Febr. 12 den Durchmesser „beinahe" doppelt so gross als den des Mercur. Er wird höchst wahrscheinlich gemeint haben, wie Mercur, wenn er vor der Sonne vorbeigeht. Nimmt man also z. B. 16″ an, so würde dies, wenn man log Δ = 9,5720957 nimmt, auf etwa 599 geogr. Meilen wahren Durchmesser führen. Ein scheinbarer Durchmesser von 14″ aber würde

diese, allerdings an sich höchst unsichere Bestimmung ebenfalls auf 524 Meilen bringen.

Die hypothetische Bahn des Körpers vom 12. Febr. 1820, sowie die des Körpers vom 6. Juni 1761 sind in Fig. *C* in einen Entwurf eingetragen.

Die genäherten elliptischen Elemente des 2ten hypothetischen Planeten aus *Montaigne* 1761 Mai 3 und Mai 11 in Verbindung mit Juni 6, 0^h Crefeld = $0^h 27^m$ Berlin, wobei die geozentrische Länge Juni 6 = der geocentrischen Länge der Sonne = 75° 50′ 18″, die Breite = 0 und der Planet als im niedersteigenden Knoten befindlich angesehen wurde, ergaben sich, wie folgt:

Epoche 1761 Juni 6, 0^h Greenwich

mittlere Länge in Bahn	= 251° 11′ 10″	
Länge des Perihels	= 183 55 40	scheinb. Aeq.
„ „ ☊	= 75 50 18	der Epoche
$\log \sin \varphi$	= 8,6376852	
i	= 3° 23′ 38″	
$\log a$	= 9,8637724	
$\log t$ siderisch	= 2,3582565	
„ „ tropisch	= 2,3582460	
„ „ synodisch	= 2,7838805.	

Die Zurückberechnung des geoz. Orts aus diesen Elementen für Mai 3 und Mai 11 liess zwar noch einige Minuten zu wünschen übrig. Inzwischen war die Abweichung zwischen Rechnung und Beobachtung nicht so gross, dass die Differenz nicht mit der Unsicherheit der *Montaigne*'schen Beobachtung sich hätte vereinigen lassen. Auch stimmte die Berechnung des Knotens und der Neigung aus den beiden heliozentrischen Orten für Mai 3 und Mai 11 recht gut. Ob diese Elemente indessen irgend einen Werth haben, oder nur als ein mit mangelhaften Mitteln aller Art ausgeführtes Rechnen-Exempel anzusehen sind, muss die Folge lehren.

Einige Vergleichungen und Prüfungen mit dem vorhandenen sonstigen Materiale hat Ref. vorgenommen und erlaubt sich, die Resultate in Nachfolgendem vorzulegen.

Nach der *Scheuten*'schen Beobachtung hat der Körper, den er um Mittag mitten auf der Sonnenscheibe erblickt, dem Sonnenrande um 3^h Nachmittags so nahe gestanden, dass er noch eben sichtbar gewesen und seine Bewegung ist als eine etwas schnellere als die der Venus angegeben. Dies stimmt völlig mit den obigen Elementen überein, denn wenn auch nach der Dimension der grossen Halbaxe die mittlere Entfernung von der Sonne = 0,7307560, also grösser als der Halbmesser der Venusbahn ist, so wird doch bei der gefundenen Excentricität und der Lage des Perihels der Radius vector für Juni 6 = 0,71968 (wo $q = 0,7203$); mithin müsste die heliozentrische Bewegung etwas schneller als die der Venus sein.

Den aufsteigenden Knoten der Bahn (75° 50′) passirt die Erde ungefähr am 8. December, ein Monat, für den das Tableau am Schlusse des zweiten Theils dieser Abhandlung so gut wie gar nichts darbietet. — Der Neugierde halber wurde jedoch der Versuch gemacht, wie sich mit den obigen Elementen der 1818 Jan. 6 von *Lofft* in Ipswich beobachtete rasch bewegliche Sonnenfleck darstellen liesse, von dem er sagt: „its progress over the suns disk seemes to have exceedet that of Venus in transit.“ Zur Zeit dieser Beobachtung war die helioz. Länge der Erde = 105° 45′ und das Zeitintervall seit 1761 Juni 6 0^h beträgt 20667^d 1215.

Mit dem obigen Logarithmus der trop. Umlaufszeit 2,3582460 würde sich hiemit (zunächst ohne Rücksicht auf Excentricität von dem wahren Orte = 255° 50′ für Juni 6 ausgehend) die heliozentrische Länge = 104° 38′ ergeben. Wollte man sich jedoch gestatten, den Logarithmus der tropischen Umlaufszeit um ein Geringes zu verkleinern und denselben z. B. = 2,3581032 zu setzen, so würde, von dem m i t t l e r e n Orte für Juni 6 ausgehend, hiemit die mittlere Länge in der Bahn = 110° 39′ 5 werden, was unter Beibehaltung der Excentricität und des Perihels eine Differenz von — 5° zwischen der mittleren und wahren Anomalie gäbe, und so den Körper auf die Sonne bringen würde, wenn nicht die heliozentrische Breite über einen Grad wäre.

Die Neigung der Bahn müsste daher sehr erheblich vermindert werden. Dagegen würde der Radius vector an dieser Stelle

der Bahn = 0,72346, mithin grösser, als die grosse Halbaxe der Venusbahn ausfallen und es dem entsprechen, wenn die obigen Worte so zu verstehen sind, dass der Durchgang längere Zeit in Anspruch genommen habe, als bei Venus unter sonst gleichen Umständen der Fall gewesen sein würde.

Bei der Beobachtung von *Dangos* (1798 Jan. 18) ist es zwar — abgesehen von der nahezu bis zum Verschwinden zu vermindernden Neigung — schon deshalb nicht wahrscheinlich, dass es sich dabei um dasselbe Object handelt, weil, wenn die in den 23 Beobachtungsminuten gesehene Bewegung in der That den 4ten Theil des Sonnendiscus betragen haben sollte, sie für einen diesseits der Venusbahn belegenen Planeten zu schnell war. Eingenthümlich ist es aber immerhin, dass nach den obigen Elementen, wenn man dabei wieder $\log t = 2{,}3581032$ setzt, ebenfalls eine grosse optische Nähe dieses Fremdlings bei der Sonne sich ergiebt. Für 1798 Jan. 18 $2^h 20^m$ Berlin hat man die helioz. Länge der Erde = 118°49′ und das Zeit-Intervall beträgt = $13375^d 079$. Hierfür hätte man die mittlere Anomalie = 297°35′33″ und die wahre Anomalie = 293°4′26″ mithin die wahre Länge in der Bahn = 117°0′10″.

* * *

Es ist schade, dass die in der französischen Encyclopédie erwähnten, 1761 Febr. 10, 11 und 12 von *La Grange* angestelllten Beobachtungen des angeblichen Venustrabanten dort nicht näher angegeben und anscheinend gar nicht publicirt sind. Die obigen Elemente ergeben (ebenfalls mit $\log t = 2{,}3581032$) für jene 3 Tage eine sehr grosse geozentrische Annäherung dieses supponirten Planeten an Venus. Ref. hat durch Rechnung gefunden:

0^h Berlin	Venus geoz. Länge	Venus geoz. Breite	geoz. Länge des (?)	geoz. Breite des (?)
1761 Febr. 10	2°21′18″	—0°16′ 7″	2°29′15″	—0°27′55″
„ „ 11	4 42 22	—0 8 26	4 17 44	—0 25 7
„ „ 12	5 52 44	—0 4 31	5 25 54	—0 21 41

woraus die Winkel-Abstände im grössten Kreise der Reihe nach werden: 14′14″, 29′45″, 31′51″.

* * *

Ein Versuch mit den Elementen die Beobachtung von *Mayer* in Greifswald (1759 Mai 20) — (Intervall 747^d 652) über den problematischen Venus-Trabanten darzustellen, befriedigte weniger. Dort wird gesagt, dass das Kügelchen etwa $1\frac{1}{2}$ Venus-Diameter über der Venus stand. Setzt man den Venus-Diameter in der Entfernung Eins $= 17''$, so begleichen bei dem damaligen Abstande der Venus von der Erde ($\log \Delta = 0{,}13227$) $1\frac{1}{2}$ Venus-Diameter $= 18''69$. Es fand sich aber für 1759 Mai 20 $8^h 46^m$ Berlin in geoz. Länge und Breite

für Venus $\lambda = 90° 34' 56''$ $\beta = +1° 35' 56''$
" (?) $\lambda' = 93\ 45$ $\beta' = 1\ 49\ 40$

$\log \Delta' = 0{,}09547$.

* * *

In wirklich überraschender Weise schlösse sich, wenn man von der Neigung abstrahiren wollte, die *Cassini*'sche Beobachtung eines angeblichen Venus-Trabanten von 1686 August 27, 16^h an. Hier ist das Intervall bis 1761 Juni 6, 0^h, $= 27310^d\ 8^h$. Setzt man die heliozentrische Länge der Venus für den Zeitpunkt dieser Beobachtung $= 59°5$, die heliozentrische Länge der Erde $= 335°$ und die helioz. Länge des Planeten (?) $= 347°3$ und trägt diese Orte in den Bahnentwurf ein, so sieht man, dass der Visionsradius von der Erde nach den beiden Planeten, den dem Aphel nahen kleinen dicht östlich an die Venus bringt. Die Venus-Entfernung von der Erde war etwa das dreifache von der Entfernung des (?). Die Lichtphase des Kleinen müsste erheblich kleiner (übrigens an derselben Seite) ausfallen, als die der Venus, und deshalb mag auch wohl *Cassini* von einer „lumière informe“ sprechen, das im Uebrigen die Venus-Phase zu imitiren geschienen habe. Zugleich sieht man, dass diese nahe Conjunction sehr rasch vorüber gehen musste. Dass *Cassini* den vermeintlichen Trabanten noch an den folgenden Tagen gesucht hätte, und ob des Wetters wegen ein Erfolg möglich, darüber enthält die Encyclopédie Nichts. Wohl aber findet sich in der deutschen Ausgabe der populären Astronomie von *Arago*, Bd. 2 p. 473, in dem Capitel: „Was hat man vom Venusmonde zu halten?“ die (wahrscheinlich aus dem Tagebuche der Pariser Sternwarte entlehnte) Stelle: „Am 3. September war das Sternchen nicht mehr sichtbar“ eine Notiz, die sich offensichtlich auf die Beobachtung vom 28. August 1686 beziehen

soll, dort aber hinter das Referat über die *Cassini*'sche analoge Beobachtung vom 25. Januar 1672 gesetzt ist, wo die Bemerkung, „dass man einen im Januar gesehenen Körper im September nicht mehr wahrgenommen habe", keinen rechten Sinn hat, da man dafür auch jeden anderen beliebigen Tag hätte nennen können. Es kommt hinzu, dass am 3. Sept. 1672 Venus in der Nähe ihrer oberen Conjunction nur etwa 14° westlich von der Sonne stand, und daher sehr ungünstig zur Beobachtung war.

Die Beobachtungen von *Short* und *Montbarron* liessen sich jedoch mit den obigen Elementen in keiner Weise darstellen.

Sodann wurde der Versuch gemacht, wie mit dem oben gefundenen Logarithmus für die synodische Umlaufszeit = 2,783 8805 sich die unteren Conjunctionen in ganzen Zahlen ergeben würden, wenn man damit die drei Durchgänge combinirte. Man hätte dann:

I. *Scheuten-Lofft*

Intervall = 20667^d log = 4,315 2780
−2,783 8805
1,531 3975 NZ = 33,996

II. *Dangos-Lofft* „ = 7292^d log = 3,862 8467
−2,783 8805
1,078 9662 NZ = 11,994

III. *Scheuten-Dangos* = 13375^d log = 4,126 2938
−2,783 8805
1,342 4133 NZ = 21,9995.

Wenn man hier statt mit dem grössten, einmal mit dem kleinsten Intervalle für die beiden in der Nähe desselben Knotens belegenen Januar-Conjunctionen operiren wollte, so wären $12 \times 607^d 670 = 7292^d 04$. Nun sind 1761 Jan. 6, 0^h bis 1862 December 0^d, 0^h = 37067^d und $61 \times 607^d 67 = 37067^d 87$.

Ferner hätte man nach den obigen Elementen gehabt für:

1862 Nov. 27, 0^h mittlere Länge in Bahn = 69° 1′ 48″
„ wahre „ „ „ = 64 38 39

und gleichzeitig nach dem Naut. Almanac die heliozentrische Länge der Erde = 65° 2′ 33″.

1862 Nov. 28, 0^h mittlere Länge in Bahn = 70° 36′ 30″
wahre " " " 66 9 2
und die heliozentrische Länge der Erde = 66° 3′ 21″5.

Es wäre mithin denkbarer Weise eine untere Conjunction mit sichtbarem Vorübergange vor der Sonne dann möglich gewesen, wenn in der That die Neigung so erheblich kleiner anzunehmen sein sollte.

Da das Manuscript der vorstehenden Abhandlung damals sich in Altona befand, aber der Druck bis Ende Nov. 1862 nicht vollendet sein konnte, so erliess Referent ein Circular, worin diese letztere Möglichkeit angedeutet war, und die Elemente mitgetheilt wurden, wobei jedoch die tropische Umlaufszeit (und demgemäss auch log *a*) so angegeben war, wie es sich aus den vorstehenden Vergleichungen zu ergeben schien.

Es scheint jedoch nicht, als ob zu der fraglichen Zeit irgendwo etwas Planetenähnliches vor der Sonnenscheibe gesehen ist.

Erst mehre Wochen später fand Ref. in den Memoiren der Pariser Academie die Beobachtung eines rasch veränderlichen Sonnenfleckes von *Cassini* 1706 Juni 4 *) auf, die, wenn sie demselben Körper, wie die *Scheuten*'sche angehörte, abgesehen von dem grossen Intervalle von 20091 Tagen, in der Nähe des nämlichen Knotens lag. Behielt man den oben = 2,783 8805 gefundenen Logarithmus der synodischen Umlaufszeit einstweilen bei, so ergab sich Folgendes:

I. *Cassini-Scheuten* log 20091(d) = 4,303 0016
— 2 783 8805
1,519 1211 NZ = 33,046

II. *Cassini-Dangos* log 33466(d) = 4,524 6038
— 2,783 8805
1,740 7233 NZ = 55,045

III. *Cassini-Lofft* log 40758(d) = 4,610 2129
— 2 783 8805
1,826 3324 NZ = 67,039

*) Da anscheinend die *Cassini*'schen Beobachtungen noch im Originale auf der Pariser Sternwarte aufbewahrt werden, so wäre es vielleicht der Mühe werth, nachzusehen, ob sich bei der Observation von 1701 März 29 und 1706 Juni 4 nicht noch die eine oder andere

das Intervall 20091^d für sich allein, hätte mit 33 synodischen Umläufen die synod. Revolutionszeit = 608^d 8183, log = 2,784 4877 ergeben und log tropisch = 2,358 4738. Ohne Rücksicht auf Excentricität hätte man dann mit dieser synodischen Periode (in julianischen Jahren = 1^a 6669) ausgehend von 1706 Juni 4, in der ganzen Zeit von 1706 bis 1866 keine andere untere Conjunctionen als solche, die in die erste Hälfte des Juni, Februar und October fallen; so z. B. 1798 Februar 8, 1818 Febr. 10, 1863 Febr. 13, 1864 October 14, 1799 Octb. 10, 1819 Octb. 11, 1839 Octb. 13, 1866 Juni 15.

Aus dem vorstehenden mehrerwähnten Tableau hätte man folgende Tage rasch veränderlicher Flecken: 1799 October 23/24 *(Fritsch)*, 1819 Octb. 9 *(Stark)*, 1839 Octb. 2 *(de Cuppis)*.

Wollte man für die synodische Umlaufszeit das grösste Intervall *Cassini - Lofft* = 40758^d mit 67 synod. Umläufen zu Grunde legen, so hätte man log t = 2,784 1381 und es ergäbe sich dann:

	synod. Rev.
Scheuten - Lofft	= 33,973
Cassini - Dangos	= 55,013
Dangos - Lofft	= 11,987
Scheuten - Dangos	= 21,986
Cassini - Scheuten	= 33,027

und log t tropisch = 2,358 3426.

Referent betrachtet die sämmtlichen in dem dritten Theile dieser Abhandlung enthaltenen Ausführungen als für diese Angelegenheit von untergeordneter Bedeutung. Er sieht vielmehr als die Hauptsache die im zweiten Theile enthaltene Sammlung von Beobachtungen an. Möge eine geschicktere Hand es versuchen, daraus andere und bessere Combinationen mit besseren Hülfsmitteln zu gewinnen. Es würde sich dann erwägen lassen, ob man warten will, bis etwa ein seltener glücklicher Zufall uns den einen oder anderen jener supponirten planetarischen Körper wieder vor

Notiz auffinden. Diese, die hier von besonderem Interesse wäre, aber nach damaliger Auffassung der Sache möglicherweise nicht wichtig genug erschien, um in den Memoiren der Academie erwähnt zu werden.

die Sonnenscheibe führt, oder ob man darnach zur Berechnung von sweeping Ephemeriden schreiten möchte, die den Zweck hätten, derartige Körper am Abend- oder Morgenhimmel aufzusuchen. Die gründlichen Kenner der telescopischen Fixstern-Welt, denen wir die rasche Zunahme unserer Kenntnisse der Asteroiden-Gruppe zwischen Mars und Jupiter verdanken, müssten dann ersucht werden, ihre Forschungen aus der Meridiannähe in kleinere Elongationen von der Sonne zu versetzen. Die Möglichkeit, auf diese Weise zu Parallaxen zu gelangen, welche die Venus-Parallaxe übertreffen, ist schon oben angedeutet. Auch wird zu den Zeiten, wo eine grössere Erdnähe die Sichtbarkeit dieser anscheinend so kleinen Körper begünstigt, die nach der Theorie erforderliche Phase bei starker Vergrösserung wahrscheinlich erkennbar werden. Auf diese Weise wäre dann zugleich ein Mittel geboten, sobald etwa mit schwächerer Vergrösserung ein solcher, der Sternkarte fremder Lichtpunkt aufgefunden, über die Natur der Entdeckung selbst dann in's Klare zu kommen, wenn der Körper etwa gerade stationair sein sollte.

Schliesslich hat Referent noch die angenehme Pflicht zu erfüllen, allen denjenigen verehrten Herren seinen Dank öffentlich auszusprechen, die, wie die vorstehende Darstellung zeigt, seinen Wünschen um weitere Mittheilungen und Belehrungen so bereitwillig entgegengekommen sind.

NACHTRAG.

Um der im zweiten Theile dieses Aufsatzes enthaltenen Sammlung von Beobachtungen verdächtiger Sonnenflecke die thunlichste Vollständigkeit zu geben, schien es dem Referenten wünschenswerth, die *Staudacher*'schen Original-Beobachtungen wo möglich zur Einsicht zu erhalten. Er wandte sich deshalb an deren gegenwärtigen Eigenthümer, Herrn *Georg Eichhorn* zu Nürnberg, (S. Nr. 547) welcher auch mit der zuvorkommensten Güte ihm unterm 12. März 1863 den fraglichen Folioband übermittelte, dessen auch bereits bei *Wolf* (IV. Mittheilung p. 275 seq.) gedacht wird.

Referent fand darin Mehres für den vorliegenden Zweck recht dienliches. Um das zu übersehen, wird eine nähere Beschreibung des Werks nicht zu vermeiden sein.

Jener Band enthält ausser einer grossen Reihe von Sonnenbildern mit eingetragenen Flecken von 1749 bis 1799 noch eine Menge von geographischen Karten und Baurissen. Zwischen den Sonnenbildern sind dann häufig noch Zeichnungen und Berechnungen von Sonnen- und Mondfinsternissen eingetragen. Im Uebrigen sind die zu den astronomischen Beobachtungen und Rechnungen gehörenden Blätter getrennt, häufig aber sind auf der Rückseite der Blätter Landkarten und Baurisse angeklebt. Man hat nicht das eigentliche Original-Tagebuch *Staudacher*'s vor sich, sondern die von ihm selbst angefertigten Reinzeichnungen und Reinschriften der Beobachtungen und Rechnungen. In einigen wenigen Fällen ist die bei der Beobachtung selbst entworfene Skizze und das während der Observation mit Blei oder Dinte Notirte aber noch vorhanden, und dann auf der sonst leeren Rückseite der grossen Foliobogen aufgeklebt.

An der Gleichmässigkeit der Handschrift, Farbe und Tinte der Reinzeichnung sieht man, dass die letztere häufig erst nach Ablauf einer längeren Zeit nach Anstellung der ihr zu Grunde liegenden Beobachtungen angefertigt sein kann. So z. B. sind gerade aus den Jahren 1761 und 1762 anscheinend nach Ablauf von

je einem halben Jahre, resp. 4 Monaten, die Zeichnungen der Sonnenbilder mit ihren Flecken auf die beiden innern Seiten von 5 grossen Foliobogen in Reinschrift zusammengetragen, wobei die Sonnenscheibe gelb und ihr innerer Rand mit blauer oder violetter Farbe angelegt ist. Mitunter kommen bei den früheren Zeichnungen auch wohl Anachronismen vor, worauf *Staudacher* selbst in einer Note aufmerksam macht, z. B. ein Septemberbild steht plötzlich unter den December-Beobachtungen.

Ueber die Art und Weise, wie die Beobachtungen angestellt sind, erfährt man nur aus einer Stelle des Buches etwas Directes. — Bei der Beobachtung des Venusdurchganges vom 6. Juni 1761, der die beiden innern Seiten eines besonderen Foliobogens, auf welchem die Sternbilder der Ekliptik farbig dargestellt sind, und in letzterer die Sonne zwischen Krebs und Zwillinge gemalt ist, lautet die Reinschrift:

„Nachdem ich Tags vorher alle Anstalten gemacht hatte, um „diese rare und so merkwürdige Himmelsbegebenheit behörig zu „observiren, auch zu dem Ende mein neu verfertigtes Stativ in „dem obersten Theil des Hauses fest gestellet hatte, auch den „Tubum Coelestem darauf gelegt, welcher 4 Schuh lang war und „den Discum solis in der Grösse von 3¾ Zoll im Diameter auf ein „Papier warf, so auf eine weisse Tafel gelegt war, welche eben- „falls an dem Stativ befestiget war, und welches mit Schrauben „konnte bewegt werden, dass der Discus Solis in einerlei „Stellung blieb“

Diese Bemerkung scheint also auf eine parallactische Aufstellung des Fernrohrs zu deuten, Letzteres aber von keiner besonderen Güte und namentlich nicht achromatisch gewesen zu sein. Im Verfolg des Textes heisst es nämlich:

„so viel die observirten Umstände nebst der Rechnung erge- „ben, so ist der Planet in seiner nächsten Conjunction mit der „Sonne, von ihrem Centro 9 Min. 36 Sec. abgestanden. Die Lauf- „bahn dieses Planeten war einem Bogen gleich, der sich gegen „das Centrum hingezogen, zu der Peripherie aber sich gesenket „oder gekrümmet hat. Der Planet näherte sich auch als im Bo- „gen gehend dem Austritt. Solcher geschah nach der wahren „und scheinbaren Zeit um 9 Uhr 1 Min., da der Rand der Venus „den Rand der Sonne zuerst angerühret hat, das Mittel, da das

„Centrum Veneris im Rand der Sonne stund war um 9 Uhr 8 Min. „31 Sec. und da beede Cörper einander verliessen, geschah um „9 Uhr 18 Min. Die Grösse und Farb desselben betreffend, so war kein scharf abgeschnittener Rand an „derselben zu sehen, sondern gleich wie der innere „Kern schwarzbräunlicht, also verlohr sich diese „schwarze Farb ins braunlicht rothe, diese aber ins dunkele, und dann ins hellblaue, ferner ins hochgrüne und dann ins „gelbe. Kein Trabant war nicht zu erblicken, aber vermuthlich ist er schon vorher bei Nachtzeit durchpassirt, oder „er ist hinter den Cörper des Planetens gestanden und hat also „der geraden Linie nach nicht gesehen werden können. Die „Grösse dieses Planeten Cörpers in Respectu der Sonnenscheibe „betrug im Durchmesser vermog der trigonometrischen Rechnung, „so ich hierüber geführt, 49 Secunden. Zur Zeit dieses „Durchgangs sind 3 Flecken in der Sonne gewesen, „einer nahe beim Centro, der andere am ost, und „der dritte am westlichen Rande der Sonne, bei welchen der Planet doch in ziemlicher Entfernung vorüberging, und von ihnen schön zu unterscheiden „gewesen ist.“

Dann folgt Notat über verschiedene von 5 Uhr 30 Min. bis 9 Uhr 8 Min. 31 Sec. beobachtete Orte der Venus auf der Sonnenscheibe, zuletzt aber die Bemerkung: „Es war auch nach der „genausten Observation, die ich hielt, Venus ganz „oval und nicht rund.“

Auch ist wenigstens noch ein Theil der Original-Aufzeichnung jener Beobachtung vorhanden, und hinten auf die Rückseite des Bogens geklebt, wo es noch dazu durch 2 seitwärts angeheftete geographische Karten versteckt ist, so dass es vielleicht selbst der Aufmerksamkeit des Herrn Professors *Wolf* entgangen ist. Rechts daneben ist mit Kladdenschrift notirt: „Das Erstemal sahe „ich die Venus, Nachdem der Himmel heller ward in der Sonne, „da sie 2 Zoll hineingerückt war, ward aber bald wieder trüb. „Das darauf folgende anderemahl konnte ich sie anzeichnen und „mit Nr. 1 bemerken, dass war um 5 Uhr 51 Min., dass 2te Mahl „war es um 6 Uhr 23 Min. mit Nr. 2 bemerkt, dass 3te Mahl „Nr. 3 war die Sonne 29 Gr. 29 Min. hoch, dass 4te Mahl war die

reichen freien Stunden mit den Naturwissenschaften und daher auch mit Astronomie. Im Sommer 1853 beobachtete ich mehrere Monate lang die Sonnenflecken zu meinem Vergnügen, und machte täglich Zeichnungen davon. Eines Nachmittags, ich glaube den 30. August mit ziemlicher Gewissheit als den Tag bestimmen zu können, bemerkte ich ungefähr in der Mitte der Sonne um 3 Uhr einen runden scharf begrenzten Fleck ohne verwaschene Umgebung, welcher nach einer Stunde seine Stellung zu den übrigen Flecken wesentlich verändert hatte und welcher am nächsten Tage nicht mehr sichtbar war. Ich legte der Sache damals keine besondere Wichtigkeit bei, da ich mir das Planetensystem nach dieser Seite hin für abgeschlossen hielt. Kürzlich nun wurde ich durch eine darauf bezügliche Stelle in *Mädler*'s Astronomie darauf aufmerksam, dass möglicherweise zwischen Sonne und Merkur noch ein Planet aufgefunden werden könne, und ich dachte daher gleich an meine damalige Beobachtung, worauf ich aus ihrem Aufsatze sah, dass dieselbe keineswegs vereinzelt dasteht, und ich Ihnen dieselbe mittheilen zu müssen glaubte.

P.S. Ich hätte Ihnen die damals gemachte Zeichnung eingesandt, ich habe dieselbe aber mit den übrigen Sonnenfleckenbeobachtungen schon vor mehreren Jahren als unnützes Material vernichtet."

Da diese Wahrnehmung des Herrn *Jaennicke* vom 30. August 1853 durch den Umstand noch ein besonderes Interesse darbot, dass sie möglicherweise einer untern Conjunction, in der Nähe des niedersteig. Knotens, desjenigen Körpers angehören konnte, den *Fritsch* (cf. Band II. p. 184 seq. dieser Zeitschrift) am 27. Feb. 1802 im aufsteigenden Knoten vor der Sonne beobachtete, und der in einer Viertelstunde schon den vierten Theil des Sonnendiscus durchlaufen hatte, so schien es dem Referenten wünschenswerth, wo thunlich noch mehr Détail über die Sache in Erfahrung zu bringen.

Zunächst wandte er sich daher wiederum an den Herrn Hofrath *Schwabe* in Dessau mit der Bitte um Mittheilung aus den Beobachtungs-Registern, und erhielt durch die grosse Güte desselben unterm 23. Octb. 1863 eine Zuschrift, worin es heisst:

„Hierbei übersende ich Ihnen die Zeichnungen und die beige-
„fügten Bemerkungen aus meinem Tagebuche vom 28., 29., 30.
„und 31. August 1853. Sie sehen hieraus, dass ich an diesen
„Tagen nichts bemerkt habe, was einen veränderlichen Punkt auf
„der Sonne betrifft. Kleine Veränderungen, wie z. B. die am 30.
„Aug. bemerkten, können mir entgangen sein, grössere, wie sie
„bei einem vorübergehenden Planeten erfolgen müssen, gewiss
„nicht. Die Beobachtungen von *Jaennicke* sind mir bis zu Ihnen
„unbekannt geblieben. Dergleichen Beschreibungen sind nur sehr
„unvollkommen zu einer Beurtheilung, und selbst rohe Zeichnun-
„gen verdienen den Vorzug."

Da jedoch am 30. Aug. 1853 zu Dessau die Sonne nur um und resp. gleich nach 7½ Uhr Morgens, 12 Uhr Mittags und 6 Uhr Abends beobachtet war, die Zeit der *Jaennicke*'schen Wahrnehmung aber auf 3 Uhr Nachmittags gesetzt war, so schien ein Widerspruch im *Liais*'schen Sinne nicht vorhanden zu sein, sondern nur der alte Unstern auch an diesem Tage gewaltet zu haben. Referent entschloss sich daher, nunmehr direct an Herrn *Jaennicke* zu Frankfurt a. M. zu schreiben, theilte letzterem zugleich die *Schwabe*'sche Sonnenzeichnung für Aug. 30 mit, und ersuchte hauptsächlich um gefällige Auskunft über die nachfolgenden sieben Punkte:

1) Dimensionen, Art und Vergrösserung des gebrauchten Fernrohrs, so wie Farbe des benutzten Blendglases und dadurch bewirkte Färbung des Sonnenbildes. Ist die Sonne direct beobachtet, oder hat man das Sonnenbild sich auf eine weisse Fläche projiciren lassen?
2) Ort (wahrscheinlich Frankfurt a. M.), aber Strasse und Haus und wo möglich die Polhöhe und geographische Länge des Beobachtungsorts anzugeben.
3) Richtung der beobachteten Bewegung des sonderbaren Flecks, namentlich ob dieselbe gleich der der eigentlichen Sonnenflecke im Sinne vom Ostrande nach dem Westrande, also geozentrisch rückläufig gewesen.
4) Die Dimension und Form des Flecks. Wieviel Secunden etwa Durchmesser; war der Fleck von gesättigter Schwärze oder blass; rund oder etwas elliptisch; mit einem kleinen Hofe oder ganz rein. Falls der Durchmesser nicht in Secun-

den angegeben werden kann, so wäre wo thunlich anzugeben, wie das Verhältniss seiner Grösse etwa zu derjenigen des einen oder andern der wahrgenommenen übrigen eigentlichen Sonnenflecken war.

5) Da der Fleck beinahe auf der Mitte der Sonnenscheibe gesehen ist, so lässt sich vielleicht noch angeben, ob er etwas nördlicher oder südlicher als der Mittelpunkt gesehen ist (natürlich wie es ein directer Blick und nicht das umkehrende astronomische Fernrokr ergiebt).

6) Lassen sich noch äussere Umstände angeben, welche die „ziemliche" Gewissheit unterstützen, dass der Beobachtungstag gerade der 30. August gewesen ist, sowie dass die Zeit auf 3 Uhr Nachmittags anzunehmen.

7) Um den wievielten Theil des Sonnendurchmessers oder Sonnenhalbmessers hat der sonderbare Fleck etwa während der Beobachtungszeit seine Stellung gegen die übrigen Flecke geändert, und wie lange Zeit liegt etwa zwischen dem Momente, wo derselbe zuerst gesehen, und wo er zuletzt wahrgenommen? Liesse sich wohl annehmen, dass die Bewegung des Flecks nicht parallel mit der Ekliptik, sondern schräg nach etwas südlicher Richtung vor sich gegangen?

Unterm 2. Decbr. 1863 wurde auch Referent mit einer Antwort von Herrn *Jaennicke* beehrt, worin es heisst: „Ich habe mir alle „Mühe gegeben, mir die Sachlage noch recht lebhaft vorzustellen „und glaube auch, dass die kleine Zeichnung der Wahrheit recht „nahe kommt."

Die Antwort auf die obigen 7 Punkte lautet dann wörtlich, wie folgt:

„ad 1). Directe Beobachtung. Terrestr. Fernrohr, dasselbe hatte „vielleicht 60 Centim. Länge und 7—8 Durchmesser; auf „demselben gravirt der Name „*Biette* à Lyon Nr. ??" „Blendglas 1 blaues und 1 rothes.

„ad 2). Frankf. a. M. Taunusbahnhof. 50° 6′ N. B. 26° 21′ Ö. L.

„ad 3). vide Zeichnung. (Flecken und gegenseitige Lage natür- „lich nur annähernd als richtig zu betrachten).

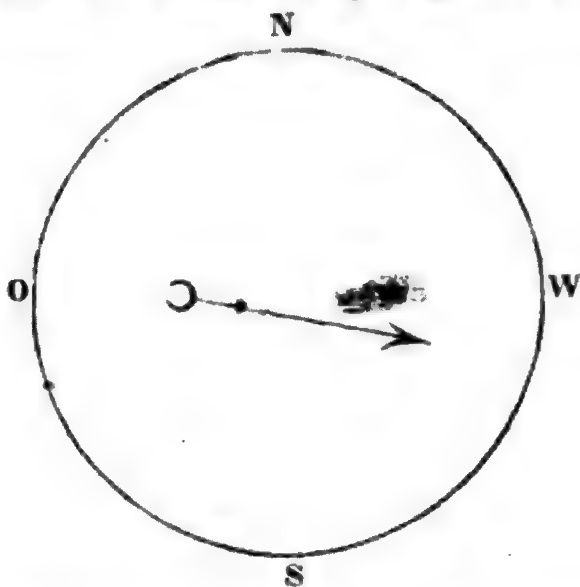
„ad 4). Wohl nicht unter 10″, jedenfalls nicht über 20 — „Schwarz, entschieden rund ohne Hof.

„ad 5). vide Zeichnung.

„ad 6). Eine unangenehme Erinnerung privater Natur unterstützt „die Angabe des Tages. Die Stunde ist sicher, vielleicht auch 10 Minuten später.

„ad 7). In etwa 1 Stunde ungefähr $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{4}$ des Durchmessers.

„Zeichnung der
„ Sonne
„von *Jaennicke*
„1853 Aug. 30."



Unter diesen Umständen musste es ein ganz besonderes Interesse erregen, dass Herr Prof. *Spoerer* zu Anclam in Nr. 1448 der Astr. Nachr. p. 120 am Schlusse seines interessanten Berichtes über die von Anfang Juli bis Anfang September 1863 beobachteten Sonnenflecke Folgendes anführt:

„Nachdem der Fleck 109 am 30. August (1863) schon einige „Zeit beobachtet war, wurde ich erst (nach 10 Uhr) auf einen „westlicheren sehr kleinen und auffallend dunklen Fleck „Nr. 110 aufmerksam, der dann eine halbe Stunde hindurch beob-„achtet wurde. In den Rectascensionen zeigte sich kein unge-„wöhnlicher Gang, die Declinationen schwankten um das Mittel. „Der Fleck wurde August 31 nicht wieder gesehen. „Nr. 110 August 30 433 : $\alpha = -3' 53''$; $\delta = -6' 39''$, woraus „$L = 130°$ u. $b = -21° 55'$."

Die Tafeln *B* und *C*, worauf sich das Manuscript bezieht (Seite 27 und 30) sind hier nicht abgedruckt, da sie wenig Interesse gewähren, und von dem Leser, erforderlichen Falls, leicht nach der angegebenen Beschreibung entworfen werden können.

Fernerer Nachtrag.

In Anlass einer wegen der *Spoerer*'schen Wahrnehmung vom 30. Aug. 1863 nach Dessau vom Referenten gerichteten Anfrage, bemerkt Herr Hofrath *Schwabe* in einem vom 7. Decbr 1863 datirten Schreiben, zunächst noch in Beziehung auf die *Jaennicke*'sche Beobachtung vom 30. August 1853, dass er an diesem Tage wahrscheinlich um 3 Uhr Nachmittags nicht habe beobachten können, obgleich es seine gewöhnliche Zeit sei, denn bei den Wetterbeobachtungen dieses Tages habe er bemerkt: „Am Tage sehr wolkig, Abends nach und nach heiter und klar:" — Sodann heisst es wörtlich:

„Der Flecken vom 30. Aug. 1863, Nr. 86 meiner Zählung, trat „am 29. ein und blieb bis zum 3. Septbr. sichtbar; am 30. und 31. „blieb er als ein grosser deutlicher Punkt selbst im $2\frac{1}{2}$-füssigen „Fernrohr hinter Wolken gut sichtbar und unverändert an seinem „Orte. Am 4. Septbr. hatte er sehr abgenommen und war hinter „Wolken kaum kenntlich. — An diesem letzten Tage war ein „neuer Punkt sichtbar geworden, den ich um 8 Uhr Morgens fand, „aber wegen Wolken nicht wieder beobachten konnte. Ob nun „dieser Flecken Nr. 86 mit Nr. 110 der *Spoerer*'schen „Reihe identisch ist, kann ich nicht sagen, weil ich „keine genauere Zeichnung davon kenne."

Da es mit Rücksicht auf die vorhin aus Nr. 1448, pag. 120, der Astron. Nachr. abgedruckten Positionen des *Spoerer*'schen Flecks Nr. 110 zweifellos schien, dass letzterer zu Dessau nicht gesehen war, so ersuchte Referent auch Herrn Professor *Spoerer* zu Anclam (unter Mittheilung des wesentlichen Inhalts der *Schwabe*'schen Antwort vom 7. Decbr. 1863 nebst Zeichnung) um weitere gefällige Äusserung über die Beobachtung vom 30. Aug. 1863. Bereits am 15. Decbr. 1863 ging folgendes Schreiben aus Anclam ein:

„Ihrem Wunsche betreffend ausführliche Mittheilung über meinen Flecken Nr. 110 entspreche ich gern. Zunächst ist ganz sicher, „dass *Schwabe* denselben nicht gesehen hat. Ich habe in der Abhandlung angeführt, dass Nr. 109 August 29 am SO-Rande war, „also August 30 noch nicht weit ab, dagegen für Nr. 110 ist die „Rectascension $= -3' 53''$ angegeben, wonach also dieser Flecken „über die Mitte hinaus war."

„Die erste Rectascensionsbeob., welche einer vorgekommenen „Erschütterung wegen ausgeschlossen wurde, lasse ich jetzt folgen."

„Sie giebt im Mittel aus 3 Vergleichungen:

AR für 110 = —15″40
AR für 109 = +43″23.

„Nehmen wir die übrigen hinzu, so haben wir für Nr. 110 fol- „gende Rectascensionen: —15″4
—15,55
—15,6
—16,07.

„Darum sagte ich, es habe sich kein ungewöhnlicher Gang „in den Rectascensionen gezeigt."

„In dieser Art ist die Zunahme immer bei den Fleckenbe- „obachtungen."

„Die Declinationsbeobachtungen müssen gesondert angestellt „werden, weil der Flecken eine kleine Sehne beschreiben und „auch die Berührungssehne für die Sonne möglichst klein sein „muss. Die einzelnen Beobachtungen ergaben:

„einzeln berechnet aus Nr. 10.	Decl. = —6′ 42″7
„wegen nahe gleicher Berührungssehnen bei „der Sonne zu einem Mittel vereinigt und „also zusammen berechnet Nr. 9 und 13.	„ = —6 38,9
„einzeln berechnet Nr. 12.	„ = —6 34.

„Ich kann den einzelnen Bestimmungen aus Nr. 10 und Nr. 12 „keine solche Sicherheit auf die Bogensecunde zuschreiben, dass „ich daraus auf den Gang einen sicheren Schluss machen möchte. „Die negative Declination muss allerdings abnehmen, und wenn „man will, wäre hier die Abnahme etwas stärker als gewöhnlich. „Aber ich kann mich doch nicht entschliesen, den Beobachtungen „die grosse Sicherheit zuzusprechen, welche nöthig wäre, um zu „behaupten, dass der Gang grösser gewesen, als er sein dürfte."

„Um ganz sicher zu gehen, habe ich soeben noch die Decli- „nationen aus Nr. 9 und Nr. 13 einzeln berechnet und stellt sich „nun ganz klar heraus, dass ein Gang nicht sicher vorliegt: es „wird nun so:

„ Nr. 9 giebt	—6′ 38″7	als Mittel liegt meiner Ortsberechnung zum Grunde: —6′ 39″, wie in den Astr. Nachr. angegeben."
„ „ 10 „	—6 42,7	
„ „ 12 „	—6 34	
„ „ 13 „	—6 39,3	

„Beiläufig bemerkt, glaube ich mit der Mittheilung meiner „speciellen Beobachtungen, bestehen zu können, indem sie mit „einem so kleinen Instrumente sicherlich nicht besser gemacht „werden könnten. Mit meinem grösseren Instrumente beobachtend, „(dessen Aufstellung aber bei etwas bewegter Luft nicht sicher „genug ist und in dem damaligen Beobachtungslokal besonders „empfindlich), kann ich den wahrscheinlichen Fehler noch mehr „herunter bringen.“

„Ob der sehr kleine Flecken Nr. 110, wiewohl er keinen be-„sonders auffälligen Gang gezeigt hat, durch Einwirkung beson-„derer Verhältnisse dennoch ein der Sonne naher Planet habe „sein können; hierüber möchte ich das entscheidende Urtheil nicht „abgeben. Ich glaube dass es nicht angeht, doch würde ich „es nicht gerade für unmöglich halten, dass eine überaus excen-„trische Bahn gedacht werden könne; es müsste die Excentricität „um so stärker gewesen sein, je näher der Planet der Sonne ge-„dacht würde. Denkt man den Körper aber der Erde näher, „so wird die Schwierigkeit sehr vermindert.“

„Da ich an jenem 30. August ziemlich lange beobachtet hatte, „so war ich zunächst etwas ermüdet und habe dann, weil mich „der Flecken interessirte noch einmal, wahrscheinlich gegen 1 Uhr, „vergeblich nachgesehen, nicht etwa will ich damit sagen, dass er „überhaupt verschwunden war, sondern dickerer Luft wegen nicht „mehr zusehen. Wie denn auch schon bei der Beobachtung Nr. 14 „(der letzten) der Austritt aus einem Ringe, trüberer Luft wegen, „verloren ging. Ich weiss mich genau zu erinnern, dass ich noch „nachgesehen habe und zwar direct mit Blendglas — die Be-„obachtungen sind durch Projection im dunkelen Raume — und „wegen schlechten Sonnenbildes das weitere Nachsuchen aufge-„geben habe. Am Nachmittage habe ich nicht nachsehen können, „weil mein damaliges Beobachtungslocal nach 2 Uhr, eines Seiten-„flügels wegen, die Aussicht nicht gestattete.“

„Dass der Flecken Aug. 31 nicht sichtbar war, kann keinem „Zweifel unterliegen, weil genau nachgesucht ist.“

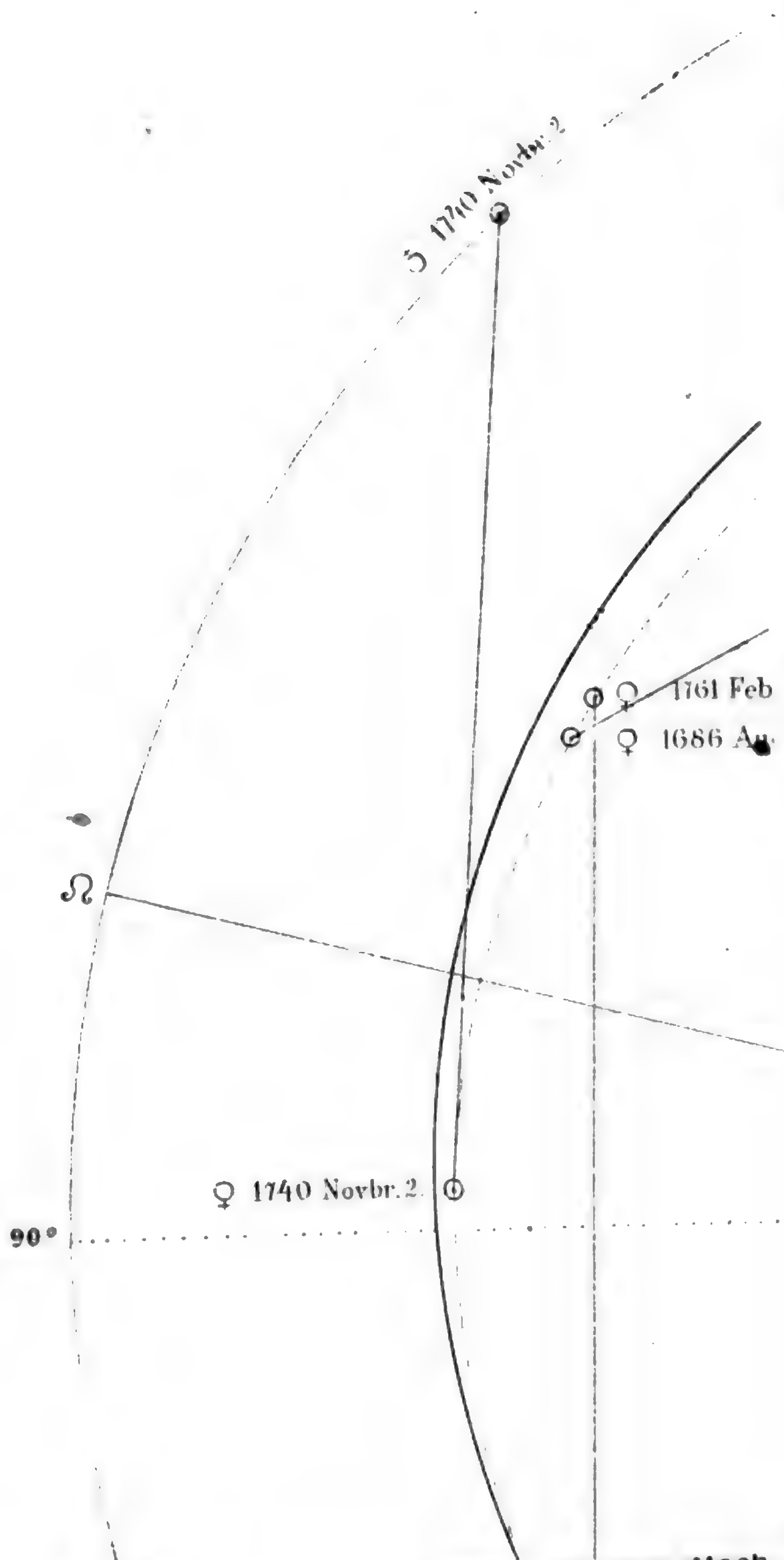
„Auffallend ist mir die Sache gewesen, weshalb ich eben die „ausführliche Notiz gemacht und hier recht umständlich geant-„wortet habe.“

So weit Herr Professor *Spoerer*. Unter diesen Umständen und nach Vergleichung von Nr. 1448 der Astron. Nachr. ist es allerdings um so mehr auffallend, in Vol. 24, Nr. 1, pag. 28 der Monthly Notices of the Royal Astron. Society in einem Schreiben von Sir *Andrew Lang* aus St. Croix in Westindien vom 4. October 1863. folgendes zu lesen:

„Some remarks regarding the Sun, wich I examine, I may „say, every morning, when at an altitude of 15° to 20° and note „the appearance of any new spot, cluster or chain.“ —

1863 August 24 to September 9:

„Not a spot on disk; an extraordinary occurrence.“



ıen, mit diesem Privatbriefe zu begleiten, indem ich Ew. Hoch- und Wohlgeboren Besorgnisse und gehorsamste Bitten vorzulegen wage.

☊ 1761 Jan.

⊕ 1759 Mai 20 Mayer

♂

1 Mai 11

♂

Perihel

Briefe von *Schumacher* und dessen Wittwe an Herrn Geheimen-Staatsrath *Francke*.

Vorbemerkung vom Herausgeber.

Die nachfolgenden Briefe, welche mir, auf meinen Wunsch, von Herrn Geheimen-Staatsrath *Francke* gütigst mitgetheilt sind, bieten ohne Zweifel einen interessanten Beitrag zur Biographie *Schumacher*'s dar. Es geht aus ihnen hervor, dass *Schumacher* zu Anfange des Jahres 1850 in Sorge über eine mögliche Störung seiner wissenschaftlichen Wirksamkeit in den damaligen politischen und kriegerischen Verhältnissen der Herzogthümer Schleswig-Holstein zu Dänemark gewesen ist, dass ihm jedoch durch Herrn Geh. Staatsrath *Francke,* den zeitigen Finanzminister, an den er sich deshalb gewandt hatte, die beruhigendsten Erwiederungen und jede mögliche Berücksichtigung seiner Wünsche zu Theil geworden sind. (Auch der in dem Briefe vom 20. September ausgesprochene Wunsch wurde gewährt, und der Verewigte war nur durch seine Krankheit verhindert ferner zu schreiben.) Die den Schluss bildenden zwei Briefe der Wittwe *Schumacher* beweisen, dass auch dieser, von der damaligen Regierung, eine sorgenfreie Stellung gesichert worden ist.

I. Briefe von *H. C. Schumacher.*

Altona, 1850 Febr. 9.

Hoch- und Wohlgeborener Herr Finanzminister,
Sehr geehrter Herr.

Das an das hohe Finanz-Departement heute abgesandte Schreiben bin ich so frei, im Vertrauen auf das mir bewiesene Wohlwollen, mit diesem Privatbriefe zu begleiten, indem ich Ew. Hoch- und Wohlgeboren Besorgnisse und gehorsamste Bitten vorzulegen wage.

Ew. Hoch- und Wohlgeboren kennen meine Lage seit längerer Zeit, und wissen wieviel ich den beiden hochseligen Königen verdanke. Sie werden es also gewiss natürlich finden, dass ich mich ihrer nur mit tiefer unveränderlicher Dankbarkeit erinnern kann, und dass ich gern Alles vermeiden möchte, was in mich betreffenden Sachen das Andenken an ihre Regierung unerfreulich machen könnte. Die Besorgniss, so etwas zu veranlassen, hat mich namentlich bei meiner Antwort an das hohe Finanz-Departement unruhig gemacht. Ich sah nicht, wie ich den Umstand, dass mir die Specialvermessung Holsteins schon seit 1841 abgenommen und dem Generalstabe übergeben sei, unberührt lassen durfte, da die Karten, wenn sie noch bei mir wären, zum Cataster verlangt werden könnten und gerade dieser Umstand kann, wenn mein Brief der Landesversammlung vorgelegt werden muss, zu sehr unangenehmen Erörterungen führen, die vielleicht in diesem Augenblick wo, wie man sagt, an einer Vermittelung gearbeitet wird, störend dazwischen treten und in jedem Falle auf die Absichten des hochseligen Königs ein nicht verdientes ungünstiges Licht werfen könnten. Ich will nicht leugnen, dass ich die Abnahme dieser Arbeit damals schon sehr schmerzlich empfand; ich hatte mich aber überzeugt, dass entweder die Sache dem Könige unrichtig vorgestellt war, oder dass er wirklich glaubte, sowohl das Interesse der Arbeit, als mein eigenes zu befördern, indem er mich der Detailvermessung enthob und mir nur die grosse wissenschaftliche Vermessung liess. Vielleicht ist er später, als er sah, dass der Generalstab auch keinen Schritt machte, um die mir abgenommene Specialvermessung fortzusetzen, von seinen damaligen Ansichten zurückgekommen, wenigstens kann ich die, ich möchte fast sagen herzliche Freundlichkeit, die er mir nachher bewies, kaum anders deuten.

Darf ich nach dieser einfachen und treuen Auseinandersetzung meiner Gefühle, Ew. Hoch- und Wohlgeboren gehorsamst bitten, es möglichst verhindern zu wollen, dass mein Brief an das hohe Finanz-Departement nicht die von mir befürchteten Folgen habe?

Eine zweite Bitte, die ich gleichfalls Ew. Hoch- und Wohlgeboren vorzulegen wage, betrifft den Observator an der hiesigen Sternwarte, Dr. *Petersen,* einen Schleswiger, aus Bau bei Tondern, der seit 23 Jahren hier angestellt ist, und jetzt unter den ausgezeichnetsten Astronomen einen ehrenvollen Platz einnimmt. Sein

Doctordiplom ist ihm in honorem von der Königsberger Universität übersandt, und eine der ehrenvollsten Auszeichnungen erhielt er durch *Bessel*'s Testament, der auf seinem Sterbebette verordnete, dass seine nachgelassenen Beobachtungen nur unter *Petersen*'s Aufsicht reducirt werden sollten. *Struve* wünschte ihn, als Pulkowa errichtet ward, dorthin, aber *Petersen,* obgleich er schon damals in drückender Verlegenheit war, schlug mehr als das Doppelte seines bisherigen Gehaltes aus und blieb in Altona.

Er ist ebenso ausgezeichnet in geodätischen, wie in astronomischen Arbeiten. Er machte die Verbindung der Amager Basis mit dem Dreiecks-System und die Verbindung meiner Dreiecke mit den Schwedischen, und was er in Specialvermessungen geleistet hat, werden Ew. Hoch- und Wohlgeboren aus der beigelegten Vermessung der Stadt Hamburg ersehen, obgleich sie nur die Resultate der weitläuftigen Vermessungen und Rechnungen enthält.

Der Senat beabsichtigte nach dem Brande von 1842 einen grossen und genauen Plan von Hamburg und der Umgegend machen zu lassen, bei dem die städtischen Grundstücke in $\frac{1}{250}$ der natürlichen Grösse vermessen werden sollten. Das setzt eine grosse Anzahl einzelner von den Detailleurs auszuführender Blätter voraus — die Ew. Hoch- u. Wohlgeboren auf der Uebersichtskarte angegeben finden werden —, und die Detailleurs mussten viele trigonometrisch scharf bestimmte Puncte als Anhalt haben, wenn nicht endlose Verwirrung entstehen sollte. *Petersen* erhielt den Auftrag, diese festen Puncte zu bestimmen, und hat ihn auf eine Art ausgeführt, dass gewiss keine Stadt eine so feste und scharfe Grundlage für ihren Plan hat, wie Hamburg sie durch seine Arbeiten besitzt.

Erlauben Ew. Hoch- und Wohlgeboren mir nun, nachdem ich diese wenigen Worte über den Werth meines Freundes vorausgeschickt habe, zu meiner eigentlichen Bitte zu kommen.

Als *Petersen* hier im Jahre 1827 angestellt ward, war er unverheirathet, und erhielt das Gehalt seines Vorgängers an der hiesigen Sternwarte, des jetzigen Directors der Gothaer Sternwarte, Professor *Hansen* (Professor *Hansen,* dem wir nach *Laplace* die wichtigsten Entdeckungen in der Störungstheorie verdanken, ist auch ein Tonderaner) — 365 Species, nachher auf 400 erhöht — das für einen einzelnen jungen Mann auch ausreicht. Nach einigen

Jahren verheirathete er sich mit einer Wittwe, die für wohlhabend galt. Sie besass dazu an Grundstücken ein grosses Haus und einen Speicher in der Elbstrasse und einen sogenannten Hof, d. h. einen Gang mit kleinen Wohnungen in der Breitenstrasse. In der That hatte sie aber nur ein paar Tausend Thaler im Vermögen; die Grundstücke waren ziemlich besteuert und die meisten Bewohner des Hofes bezahlten ihre Miethen unregelmässig oder gar nicht. Alles dies hatte sie offen an *Petersen* vor der Heirath gesagt, *Petersen* theilte mir aber kein Wort darüber mit, und so glaubte ich ihn in sorgenlosen häuslichen Verhältnissen. Ich wusste nicht, wieviel die Zinsen der hypothecirten Gelder von der Miethe wegnahmen, und erfuhr, dass der Hof verkauft werden sollte, weil *Petersen* gegen die rückständigen Miethsleute nicht die äussersten Zwangsmittel anwenden wollte. Ew. Hoch- und Wohlgeboren können leicht begreifen, wie, da *Petersen* und seine Frau ihre Haushaltung nicht mit dem Gehalt bestreiten konnten, ihr kleines Vermögen nach und nach verzehrt und das Grundstück noch mehr belastet ward. Hätte *Petersen* nur früher offen mit mir gesprochen, so hätte ich damals vielleicht helfen können; ich erfuhr aber erst 1847 die wahre Sachlage von ihm und stellte sie in demselben Jahre dem hochseligen Könige auf Föhr vor, der mir auch Hoffnung zu einer Erhöhung des Gehaltes gab. Die Sache kam wahrscheinlich in Copenhagen nicht gleich nach seiner Rückkehr zur Erwähnung und sein bald erfolgter Tod vereitelte jede Hoffnung.

In den beiden vorigen Jahren ist *Petersen*'s Lage durch die Zeitumstände, die erhöhte Steuern nöthig machten, durch Einquartirung und durch den Umstand, dass er schon seit mehr, als einem Jahr sein Haus nicht vermiethen kann, noch trauriger geworden. Er hat noch einmal bei der hiesigen Sparkasse Ct℔ 1000 auf sein Haus aufnehmen müssen, und dies ist als die letzte mögliche Aushülfe zu betrachten.

Wenn ich unter diesen Umständen Ew. Hoch- und Wohlgeboren zu bitten wage ihm eine Erhöhung des Gehaltes, oder eine Summe als temporäre Unterstützung zu bewilligen, so sieht Niemand deutlicher, wie ich, welche Schwierigkeiten sich der Gewährung meiner Bitte entgegenstellen. Meine Bitte kann nur durch seine ausgezeichneten Verdienste, und seine lange und ruhmvolle Dienstzeit, die fast ein Viertel Jahrhundert umfasst, entschuldigt

werden, und nur diese lassen mich eine günstige Antwort als nicht ganz unmöglich betrachten.

Schliesslich bitte ich eine vom Hamburger Senat auf meinen Vermessungen beruhende Karte beilegen zu dürfen.

Mit ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

Sr. Hoch- und Wohlgeboren ganz gehorsamst
Herrn Finanzminister *Francke*,
Kiel. *Schumacher*.

Altona, 1850 Februar 13.

Hoch- und Wohlgeborner Herr Finanzminister,
Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Ew. Hoch- u. Wohlgeboren kommen in Ihrer geehrten Antwort vom 11. d. M. meinen Besorgnissen und Wünschen so freundlich entgegen, dass ich vor Allem um die Erlaubniss bitten muss, meinen gehorsamsten und wärmsten Dank dafür aussprechen zu dürfen. Ew. Hoch- und Wohlgeboren gütige Antwort ist in der That das erfreulichste Schreiben, das ich seit längerer Zeit erhalten habe.

Dr. *Petersen*'s heute an das hohe Finanz-Departement abgehende Supplik habe ich nach Ew. Hoch- und Wohlgeboren Erlaubniss mit einer kurzen Empfehlung begleitet, die ebenso wenig, wie die Supplik die einzelnen Umstände seiner Lage berührt, welche Ew. Hoch- und Wohlgeboren schon aus meinem gehorsamsten Schreiben bekannt sind und die sich auch vielleicht nicht wohl zu einer officiellen Auseinandersetzung eignen.

Wenn seine Theilnahme an dem Cataster ihm eine mässige sorgenfreie Existenz verschaffen kann, so ist er mir viel zu theuer als dass ich nicht augenblicklich jeden Privatwunsch, seine ganze Thätigkeit für die Sternwarte zu behalten, unterdrücken sollte. Ich habe ihm Ew. Hoch- und Wohlgeboren gütige Absichten mitgetheilt, und er ist jeden Augenblick bereit, die als Grundlage zum

Cataster und zur Karte nöthige Triangulation des ganzen Landes zu übernehmen. Ich kenne Niemanden, in dessen Hände diese Arbeit sicherer gelegt werden könnte, und der sie besser und sorgfältiger ausführen wird. Er wünscht aber dabei unmittelbar unter dem Departement zu stehen, was wohl natürlich ist, wenn man seine Geschicklichkeit und Erfahrung in Betracht zieht. *Petersen* ist der bescheidenste, anspruchsloseste Mann, aber vielleicht hätte selbst Hiobs Geduld die Probe nicht bestanden, bei mathemathischen Arbeiten eine Zwischenperson zu ertragen, die er übersehen konnte.

Sollte er auf diese Art angestellt werden können, so hätte ich doch die Aussicht ihn nur des Sommers von der Sternwarte entfernt zu sehen.

Mit ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

Sr. Hoch- und Wohlgeboren
Herrn Finanzminister und
Regierungspräsident *Francke*.

ganz gehorsamst
Schumacher.

Hoch- und Wohlgeborner Herr Finanzminister,
Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Meinem gehorsamsten und herzlichen Dank für die schnelle Hülfe, die Dr. *Petersen* durch Ew. Hoch- und Wohlgeboren Güte erhalten hat, wollte ich gerne nähere Vorschläge über den Cataster beifügen; ich habe aber auf der Schwelle einige Schwierigkeiten gefunden, und mag mit meinem Dank nicht so lange warten, bis ich einen genügenden Ausweg aus diesen Schwierigkeiten, über die Ew. Hoch- und Wohlgeboren vielleicht lächeln werden, ermittelt habe. Es ist in der That möglich, dass der Wunsch, eine strenge Auflösung des Problems zu erhalten, wo wahrscheinlich für alle praktische Zwecke eine genäherte ausreicht, etwas nach mathematischer Pedanterie schmeckt: erlauben Ew. Hoch- und Wohl-

geboren aber dem ohnerachtet mir meine Bedenklichkeiten, welche Bedeutung sie auch haben mögen, Ihnen vorzulegen.

Soll der Werth des Grundstückes, nicht das Grundstück an und für sich, oder ein Theil des Werthes des Grundstückes gleichmässig bestimmt werden, so kommt es bei Ländereien allerdings auf die Grösse des Stückes und die Güte des Bodens an, die sich beide bestimmen lassen; die Grösse mit jeder hier erforderlichen Genauigkeit durch Vermessungen, die Güte weniger genau durch Bonitirung, und beiden kann man, sowie sie ermittelt sind, ohne Schwierigkeiten die Steuern anpassen. Es kommt aber noch ein dritter Punct hier in Betracht, auf den man vielleicht ebenso gut, als auf die beiden ersten Rücksicht nehmen muss, ich meine die Lage des Grundstückes. Wenn wir uns zwei gleich grosse Grundstücke denken, die denselben Boden haben, von denen *A* nahe bei Altona, *B* nahe bei Ulzburg liegt, so kann offenbar der Besitzer von *A* seine Producte zu einem höheren Preise absetzen, als der Besitzer von *B* die seinigen. Das Grundstück *A* ist also seiner Lage nach (bei den Besitzern gleiche Kunde des Landbaues und gleichen Fleiss vorausgesetzt) werthvoller, als das Grundstück *B*, und doch müssen beide, wenn man nur auf Areal und Güte des Bodens Rücksicht nimmt, gleiche Steuern bezahlen. Die nothwendige Folge ist, dass der Besitzer von *A* zu wenig, oder der Besitzer von *B* zu viel bezahlt. Soll unter diesen Umständen Gleichmässigkeit der Besteuerung erhalten werden, so muss man so wohl auf das Gewicht jedes Marktes (wenn ich einen mathematischen Ausdruck gebrauchen darf, der hier die Leichtigkeit der Verwerthung der Producte und den höhern und niedern Preis, den man für die Producte erhalten kann, bezeichnet), als auf die Entfernung des Grundstücks von den nächsten Märkten Rücksicht nehmen, und die richtige Bestimmung der Gewichte der verschiedenen Märkte möchte bedeutende Schwierigkeiten haben. Das Problem wird dadurch noch verwickelter, dass diese Beobachtungen eigentlich nur bei kleinen Grundstücken, deren Producte nur in Detail verkauft werden, Anwendung finden, und nicht bei bedeutenderem Landbesitze, wie z. B. bei adeligen Gütern, die ihre Producte im Grossen verkaufen, und ziemlich ihren Markt wählen können. Wie und wo soll hier die Grenze gezogen werden?

Es liesse sich hier noch manches über das Verhältniss des

Gewichts des Marktes zu der Entfernung von dem Markte sagen, ich kann aber das Gefühl nicht unterdrücken Ew. Hoch- und Wohlgeboren schon zu lange mit unwesentlichen Bedenklichkeiten behelligt zu haben, und will lieber mit meinem Danke für die meinem verdienten Freunde gegebene Unterstützung schliessen, und mich dem ferneren Wohlwollen Ew. Hoch- und Wohlgeboren empfehlen.

Mit ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

ganz gehorsamst

Schumacher.

Altona, 1850 März 13.

Altona, 1850 April 29.

Hoch- und Wohlgeborener Herr Finanzminister,

Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Ew. Hoch- und Wohlgeboren statte ich meinen gehorsamsten Dank für das geehrte Schreiben vom 23. v. M. ab, aus dem ich ersehe, dass, wie ich gleich anfangs vermuthete, meine Bedenklichkeiten unerheblich waren, und dass auf ihre genügende Beseitigung Rücksicht genommen ist.

Um genauere Nachrichten über die Einrichtung des belgischen Catasters zu erhalten, hatte ich mich an einen meiner Correspondenten in Brüssel, Herrn *van der Maelen,* gewandt, der dort schon seit längeren Jahren ein grosses geographisches Institut errichtet hat, das vortreffliche Arbeiten liefert. Ich lege Ew. Hoch- und Wohlgeboren seine Antwort bei, um deren gelegentliche Zurücksendung ich gehorsamst zu bitten wage.

Meine Fragen waren:

1) Wie die Landmesser bezahlt werden, ob mit jährlichem Gehalt, oder nach eingelieferter Arbeit?
2) Wie viel sie jährlich vermessen könnten?
3) Welche Controlen man anwendete.

Aus der Antwort, die nicht so klar und bestimmt ist, wie ich sie wohl gewünscht hätte, scheint zu erhellen, dass man in Belgien nach der Arbeit bezahlt. Es wird freilich das, was ein Landmesser in Belgien jährlich haben soll, 2740 Fr. (= Ct℔ 1827) *) angegeben, aber nur um die Bezahlung der Arbeit nach Flächeninhalt und Parcelen zu bestimmen.

Herrn *Gérard*'s Brief ist gleich im Anfang nicht recht deutlich. Aus den dort angegebenen 1500 Hectaren, die ein Landmesser jährlich vermessen kann, und die 4500 Parcelen enthalten sollen, folgt mit den zuerst angegebenen Arbeitspreisen:

für 1500 Hectaren à 1 Fr..	1500 Fr.
für 4500 Parcelen à ¼ „	1125 „
zusammen	2625 Fr.

Was den 2740 Fr. nahe kommt. Von diesen sehr kleinen Parcelen, die nur ⅓ Hectare enthalten, geht er unmittelbar zu Parcelen, von denen jede über 25 Hectaren enthält (die also wenigstens 75 mal grösser sind), und die Bezahlung der Landmesser fällt ebenso plötzlich von 100 auf 30 Centimen. Sehr wahrscheinlich sind dabei mehrere Abstufungen, die in der Mitte liegen, ausgelassen. Es drängt sich dabei auch die Betrachtung auf, dass im Allgemeinen die Parcelen in Belgien unbegreiflich klein sein müssen; denn die 4500 Parcelen auf 1500 Hectaren sind offenbar nur eine Mittelzahl und so müssen sich viele weit kleinere finden, um den Parcelen von 25 Hectaren und darüber das Gleichgewicht zu halten. Aus diesen vielen kleinen Parcelen erklärt es sich auch, warum ein Landmesser in Belgien nicht mehr in einem Jahre vermessen kann, was man am leichtesten übersieht, wenn man das französische Maass in unser Maass verwandelt.

Eine Hectare ist ein Quadrat, dessen Seite 100 Meter, oder sehr nahe 349 von unseren Füssen ist. Sie enthält also 475 Quadratruthen oder nahe 2 Tonnen, und ein Landmesser kann in

*) Man kann als Mittelcours, der immer nahe bei der Wahrheit bleibt, 3 Fr. = 2 Ct℔ annehmen. Dann folgen die einfachen Regeln:
1) Will man Franks in Mark verwandeln, so zieht man ⅓ der Summe ab.
2) Will man Mark in Franks verwandeln, so addirt man die Hälfte.

Belgien nur ungefähr 3000 Tonnen im Jahre vermessen, oder wenn man Herrn *Gérard*'s spätere Angabe (1600 Hect.) nimmt, 3200 Tonnen. Ich halte mich überzeugt, dass ein Landmesser hier, wo jeder Fleck nicht so bebaut ist, wie in Belgien, bedeutend mehr liefern könne.

Bei dieser Gelegenheit bin ich so frei, Tafeln beizulegen, durch die man den Holsteinischen Fuss (der mit dem Hamburger identisch ist) bequem und sicher in die vorzüglichsten fremden Maasse (und umgekehrt) verwandeln kann. Sie sind unabhängig von mir, Dr. *Petersen* und meinem Sohne *Richard*, also 3 mal berechnet und bis auf die letzte Decimale richtig. Sollten in den Ew. Hoch- und Wohlgeboren untergebenen Departementen Maassverwandlungen vorkommen, so könnten sie vielleicht die Arbeit erleichtern. In Bezug auf den übrigen Inhalt des Briefes wüsste ich nichts zu erinnern, als dass bei uns vielleicht die Namen aller Landbesitzer controlirt werden könnten, was in Belgien wegen Zerstückelung des Besitzes schwierig sein mag, und dass ich die dortige Einrichtung, die aus dem Schlusse hervorzugehen scheint, dass die Landmesser auch trigonometrische Arbeiten ausführen, für nicht zweckmässig halte. Theilung und Sonderung der Arbeit ist ein anerkanntes Princip, wenn man schnell und sicher arbeiten will.

Obgleich Herr *Gérard* sich zu weiterer Auskunft erbietet, glaube ich doch, dass es am besten sein wird, gradezu zu den Quellen zu gehen, die Hr. *van der Maelen* anzeigt, und ich erbitte mir Ew. Hoch- und Wohlgeboren Befehle, ob ich alle, oder einige davon verschreiben soll. Das von ihm selbst herausgegebene Werk, das er mir anbietet, werde ich, sobald ich es erhalte, an Ew. Hoch- und Wohlgeboren einsenden.

Ich glaube auch, wenn Ew. Hoch- und Wohlgeboren es wünschen, jede Auskunft über den französischen und preussischen Cataster erhalten zu können und erwarte deshalb nur nähere Befehle.

Ich kann diesen Brief nicht schliessen ohne, ich darf wohl sagen — wie gewöhnlich — meinen gehorsamsten und warmen Dank für mir erwiesene Güte abzustatten. Ew. Hoch- und Wohlgeboren haben mir das 2. Quartal meines Gehaltes nicht nur pränumerando im Anfange des Quartals, sondern sogar mehrere Wochen vor dessen Anfang auszahlen lassen. Seien Ew. Hoch-

und Wohlgeboren vollkommen überzeugt, dass ich die wohlwollende Sorge für meine Ruhe, die in dieser Massregel liegt, sogleich mit einem Danke, der immer gleich lebendig bleiben wird, anerkannte.

Mit ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

ganz ergebenst
Schumacher.

Altona, 1850 Mai 4.

Hoch- und Wohlgeborner Herr Finanzminister,
Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Dr. *Petersen* stattet einen Theil, freilich einen sehr kleinen, seines gehorsamsten Dankes für Ew. Hoch- und Wohlgeboren grosse Güte durch einen neuen Cometen ab. Das Circular ist gestern an alle Sternwarten abgegangen.

Dem in Ew. Hoch- und Wohlgeboren geehrtem Schreiben vom 30. April enthaltenen Befehle gemäss, habe ich mir von Herrn *van der Maelen* fernere Nachrichten, und in Paris und Berlin Nachrichten über Cataster-Arbeiten erbeten; die von Herrn *van der Maelen* angezeigten Bücher, da ich keinen ausdrücklichen Befehl von Ew. Hoch- und Wohlgeboren dazu hatte, nicht verschrieben, und hoffe in Ew. Hoch- und Wohlgeboren Sinne gehandelt zu haben.

Mit ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

ganz gehorsamst
Schumacher.

Sr. Hoch- und Wohlgeboren
Herrn Finanzminister *Francke,*
Regierungspräsidenten.

Hoch- und Wohlgeborener Herr Finanzminister,
Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Bei den neuen wichtigen Geschäften, die Ew. Hoch- und Wohlgeboren übernommen haben, glaubte ich Dieselben nicht mit dem, was auf meine Erkundigungen wegen Cataster-Arbeiten eingegangen ist, behelligen zu dürfen, sondern sende heute Alles an ihr altes Departement.

Aus Paris sind noch nähere Nachrichten zu erwarten, aus München sind sie, wenn verlangt, angeboten.

Kann ich irgend etwas mehr thun, so bitte ich nur über mich zu befehlen. Ew. Hoch- und Wohlgeboren haben mich so zur Dankbarkeit verpflichtet, dass jede Gelegenheit, wo ich auch nur die unbedeutendste Kleinigkeit von meiner Schuld abtragen kann, mir wahre und lebhafte Freude macht.

Mit ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

Altona, 1850 Junius 14.

ganz gehorsamst

Schumacher.

Hoch- und Wohlgeborener Herr Finanzminister,
Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Seitdem ich zuletzt die Ehre hatte, an das eine der Ew. Hoch- und Wohlgeboren untergebenen Departemente zu schreiben, ist bei mir noch ein Brief des Herrn *van der Maelen* über den Preis eines von ihm vorgeschlagenen Werkes und ein Brief aus Paris von Herrn *Lalanne* eingelaufen, der meine Vermuthung über den Schreibfehler in seinem früheren Briefe bestätigt. Beide Briefe haben an und für sich kein besonderes Interesse, und da ich wusste, dass Ew. Hoch- und Wohlgeboren mit wichtigeren Angelegenheiten beschäftigt waren, glaubte ich, sie bis auf weiteres bei mir liegen lassen zu dürfen.

Ich habe in allen diesen unruhigen Zeiten mich nur mit Astronomie und nicht mit Politik beschäftigt und kenne daher den jetzigen Zustand gar nicht.

Was aber dieser Zustand auch sein oder werden mag, bitte ich Ew. Hoch- und Wohlgeboren meinen gehorsamsten und wärmsten Dank für Alles, was Sie für mich gethan haben, anzunehmen. Er kommt aus vollem Herzen und wird, so lange ich lebe, gleich lebendig sein, denn ohne Sie wäre meine astronomische Thätigkeit, d. h. mein eigentliches Leben gelähmt.

Mit der dankbarsten Hochachtung verharre ich

Altona, 1850 August 14.

ganz gehorsamst

Schumacher.

Hoch- und Wohlgeborener Herr Minister der Finanzen
und der auswärtigen Angelegenheiten,
Hochverehrter Herr Regierungspräsident.

Schon wieder habe ich Ew. Hoch- und Wohlgeboren ein Circular über die Entdeckung eines neuen Planeten vorzulegen, die mit der heutigen Post gekommen ist, und das noch heute an die Sternwarten abgeht.

Ein Brief aus Amerika, den ich mit derselben Post erhalten habe, bringt mir einen Antrag über den ich mir in einem ruhigen Augenblicke Ew. Hoch- und Wohlgeboren Entscheidung auszubitten wage. Meine Freunde dort bieten mir in der Voraussetzung, dass in diesem Augenblicke sich hier Schwierigkeiten finden möchten, für den jetzigen Zustand die zur Herausgabe der Astronomischen Nachrichten nöthige Unterstützung als einen Beweis ihrer Achtung an. Ich werde ihnen natürlich antworten, dass ich diese Unterstützung (300 Sp.) für dies Jahr schon im Januar durch Ew. Hoch- und Wohlgeboren Güte erhalten habe, ich weiss aber nicht, ob ich das Anerbieten für nächstes Jahr annehmen soll, oder nicht; weil ich nicht beurtheilen kann, ob die grossen Ausgaben, die Ew. Hoch- u. Wohlgeboren zu bestreiten haben, erlauben, an wissenschaftliche Arbeiten zu denken.

Darüber wage ich mir gelegentlich Ew. Hoch- und Wohlgeboren Entscheidung zu erbitten, und bekenne offen, dass ich mich herzlich freuen werde, wenn ich das amerikanische Anerbieten ausschlagen kann.

Mit der dankbarsten Verehrung verharre ich

Altona, 1850 Sept. 20.

Ew. Hoch- und Wohlgeboren

ganz gehorsamster Diener
Schumacher.

Sr. Hoch- und Wohlgeboren Herrn Minister der Finanzen u. der auswärtigen Angelegenheiten, *Francke*, Regierungspräsidenten u.s.w. u.s.w. Kiel.

Altona, 1850 Sept. 10.

Hoch- und Wohlgeborener Herr Minister der Finanzen
und der auswärtigen Angelegenheiten,
Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Obwohl Ew. Hoch- und Wohlgeboren jetzt mit den wichtigsten Angelegenheiten beschäftigt sind, wage ich es doch, dies Circular, das heute an alle Sternwarten abgeht, Denselben zu übersenden, wenn Ew. Hoch- und Wohlgeboren es sonst nicht verschmähen einen flüchtigen Blick auf unser stilles Wirken zu werfen.

Die schnelle Bewegung des Kometen zeigt, dass er der Erde ziemlich nahe ist, ich hoffe, dass er uns nicht zu nahe kommen wird.

Mit der dankbarsten Hochachtung verharre ich

ganz gehorsamst
Schumacher.

Sr. Hoch- und Wohlgeboren dem Herrn Minister der Finanzen u. der auswärtigen Angelegenheiten, *Francke*, Regierungspräsidenten u.s.w. u.s.w. Kiel.

II. Briefe der Wittwe *Schumacher.*

Altona, d. 8. Januar 1851.

Hochverehrter Herr Regierungspräsident.

Erlauben Sie mir, Ihnen meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen für die theilnahmvolle Zuschrift, mit der Sie die Güte hatten, mich zu beehren.

Vermag der tiefe Schmerz bei unserm unersetzlichen Verluste durch Etwas gemildert zu werden, so ist es die Liebe und Achtung, die dem Andenken meines theuren Dahingeschiedenen gezollt werden. Auch Ew. Hoch- und Wohlgeboren sage ich meinen innigsten Dank für die, in Bezug auf meinen lieben *Schumacher,* meinem Herzen so wohlthuenden Aeusserungen. Verzeihen Sie, dass ich Ihnen diesen Dank erst jetzt ausspreche, ich vermochte es nicht in der ersten Betäubung des Schmerzes.

Nochmals Ew. Hoch- und Wohlgeboren so innigst als ergebenst dankend für Ihre Theilnahme und Güte, die ich so ganz und dankbar im tiefen Schmerz meiner Verlassenheit erkenne, bin ich so frei, Ew. Hoch- und Wohlgeboren gütiges Wohlwollen auch fernerhin für meine Kinder und mich zu erbitten.

Mit der grössten Hochachtung und Dankbarkeit habe ich die Ehre mich zu nennen

Hochgeehrter Herr Regierungspräsident

ganz ergebenste

C. Schumacher.

Altona, d. 13. Januar 1851.

Hochgeehrter Herr Regierungspräsident.

Mit tiefbewegtem Herzen empfing ich am 11. d. M. die Antwort auf mein unterthänigst eingereichtes Pensionsgesuch. Wie soll ich nun Ew. Hoch- und Wohlgeboren innig genug meinen ergebensten Dank aussprechen für Ihre so gütige Verwendung für

mich, der ich doch nur allein den günstigen, weit meine Erwartungen übertreffenden Erfolg zu verdanken habe. Wenn ich auch nicht mein Dankgefühl so auszudrücken vermag, als ich es empfinde, so bitte ich doch Ew. Hoch- und Wohlgeboren überzeugt zu sein, dass ich die grosse mir bewiesene Güte mit tiefgerührter Dankbarkeit erkenne.

Zu diesem Danke, erlauben Ew. Hoch- und Wohlgeboren mir, noch den für das von Ihnen meinem theueren Entschlafenen so vielfach bewiesene gütige Wohlwollen hinzuzufügen, wodurch mancher Kummer, der sein Alter beugte, von ihm genommen wurde, und wodurch Sie seinen Lebensabend erheitert haben. Mit der innigsten Dankbarkeit hat er mir Ihren Namen genannt.

Indem ich mir die Freiheit nehme, Ew. Hoch- und Wohlgeboren um Ihr ferneres gütiges Wohlwollen zu bitten, habe ich die Ehre, mich mit der grössten Hochachtung und Dankbarkeit zu nennen

Hochgeehrtester Herr Regierungspräsident

ganz ergebenste

C. Schumacher.

Ueber die Entfernungen der Fixsterne.

Vom Herausgeber.

Die Bestimmung der Entfernungen, die uns von den Fixsternen trennen, ist den Astronomen längst, und insbesondere seitdem *Copernicus* mit seinem Weltsystem hervorgetreten ist, als wünschenswerth erschienen. Der Nachweis scheinbarer Ortsveränderungen der Fixsterne, die der Bewegung der Erde um die Sonne entsprechen, würde in der nächsten Zeit nach der Aufstellung der copernicanischen Lehre, den überzeugendsten Beweis von ihrer Richtigkeit geliefert haben. Später, als bereits andere eben so überzeugende Beweise vorlagen, stieg das Interesse an der Aufgabe mit der immer mehr sich herausstellenden Schwierigkeit es zu lösen. Erst seit wenigen Jahren ist man jedoch dahin gelangt, auf eine wissenschaftliche Weise alle Momente in Betracht zu ziehen, worauf es für die Behandlung dieser Aufgabe beim Gebrauch der Instrumente und der Berechnung der angestellten Beobachtungen ankommt.

Das Verfahren, durch welches man die Entfernungen der Gestirne von uns bestimmt, ist demjenigen analog, welches bei der Triangulirung eines Landes, für die Ermittelung der Entfernungen terrestrischer Gegenstände, zur Anwendung kommt. Man beobachtet nämlich von verschiedenen Standpuncten aus, deren gegenseitige Lage nach Entfernung und Richtung bekannt ist, die Richtungen nach dem zu bestimmenden Punct, durch geeignete Winkelmessungen, und erhält daraus durch Rechnung die Entfernungen des letztern Punctes von den gegebenen. So hat man im vorigen Jahrhundert die Entfernung des Mondes von uns, aus Meridianhöhen desselben abgeleitet, welche in Berlin und am Cap beobachtet sind. Die Entfernung der Sonne würde sich jedoch auf diese Weise nicht mit Sicherheit ermitteln lassen, da wegen der Grösse der Entfer-

nung, die Unterschiede in den von verschiedenen Puncten der Erde aus beobachteten Richtungen zu geringe sind. Für diese Bestimmung hat man das *Kepler*'sche Gesetz über die Relation zwischen den Umlaufszeiten und mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne zu Hülfe genommen, und aus Beobachtungen der Venus und des Mars, die uns zu Zeiten bedeutend näher sind als die Sonne, die Entfernung der Erde von der Sonne durch Rechnung mit grosser Schärfe, abgeleitet.

Die Fixsterne sind so weit von uns entfernt, dass die Dimensionen der Erde dagegen ganz verschwinden. Für die Untersuchung ihrer Entfernungen würden daher mehrere Beobachtungsorte auf der Erde allein nicht ausreichen, und man wählt daher zu den Standpuncten verschiedene Oerter welche die Erde in ihrer Bahn um die Sonne einnimmt. Nehmen wir zum Beispiel an, ein Stern erscheine an einem bestimmten Tage des Jahrs in einer Richtung die genau senkrecht zur Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik ist, so wird nach einem halben Jahre, wenn die Erde ihren Ort im Weltraum gegen die Sonne um 40 000 000 Meilen geändert hat, die Richtung zum Sterne nicht mehr genau senkrecht zur Ekliptik sein, und der Unterschied der Winkel den die beiden Richtungen mit der Ekliptik bilden, ist in diesem Falle dem Winkel gleich, welchen am Sterne die geraden Linien mit einander bilden, die von ihm zu den beiden Standpuncten der Erde führen. Welche Lage übrigens ein Fixstern gegen die Ekliptik auch haben mag, so sucht man für die Berechnung seiner Entfernung zunächst immer den Winkel zu ermitteln, unter welchem, vom Sterne aus, der mittlere Abstand der Erde von der Sonne in dem Falle erscheinen würde, wenn die Richtungen von der Sonne nach der Erde und nach dem Sterne einen rechten Winkel mit einander bilden. Es ist dieses der grösste Werth welchen, vom Sterne aus, der Winkelabstand zwischen Sonne und Erde, beim mittlern Abstande beider, erlangen kann. Dieser Winkel wird die jährliche Parallaxe des Sterns genannt. Er ist der mittlern Entfernung des Sterns von uns umgekehrt proportional und steht mit dieser Entfernung in einem solchen Zusammenhange, dass wenn die jährliche Parallaxe eine Secunde beträgt, so ist der Stern nahezu 200 000 mal so weit von uns entfernt als die Sonne, und das Licht gebraucht 3¼ Jahre, um von ihm bis zu uns zu gelangen.

Die Methoden welche man angewandt hat, um die jährlichen Parallaxen zu bestimmen, theilen sich in zwei Hauptklassen. Man hat entweder die Scheitelabstände eines Sterns im Meridian zu verschiedenen Zeiten des Jahrs gemessen, oder man hat die im Laufe eines Jahrs vorkommenden Veränderungen in der gegenseitigen Lage zweier oder mehrerer Sterne beobachtet. Im ersten Falle erhält man den absoluten Werth der Parallaxe eines Sterns, im zweiten nur eine Relation zwischen den Werthen verschiedener Parallaxen. Zu den erstgenannten Beobachtungen, dienen Instrumente mit verticalen eingetheilten Kreisen oder Kreisbögen, und Fernröhre die nahezu in der Richtung der Meridianhöhe eines Sterns befestigt sind. Zu den Beobachtungen der zweiten Gattung sind Fernröhre, die mit mikrometrischen Vorrichtungen versehen sind, am geeignetsten, indess hat man auch Fernröhre, die sich in der Ebene des Meridians bewegen, und Verticalkreise zu demselben Zwecke benutzt.

Vor der Erfindung der Fernröhre hatten die astronomischen Beobachtungen einen solchen geringen Grad von Genauigkeit, dass Variationen von jährlicher Periode in der Lage der Fixsterne nicht wahrgenommen werden konnten. Die ersten Versuche, solche Variationen zu beobachten, sind von *Copernicus* angestellt. Er spricht sich in seinem Werke „de revolutionibus orbium coelestium“ ganz offen dahin aus, dass er solche nicht habe erkennen können, und dass sie daher zu klein sein müssten, um an seinen Instrumenten bemerklich zu sein. *Tycho* beobachtete später mit viel bessern Instrumenten und mit ganz vorzüglicher Sorgfalt die Meridian-Zenithdistanzen des Polarsterns zu den Zeiten des Maximums und Minimums der Parallaxe in Declination, fand aber keine Spur einer Veränderung darin. Dieselbe Unveränderlichkeit fand *Riccioli* in den von ihm observirten Meridianhöhen des Sirius. Ein Zeitgenosse von *Tycho, Christoph Rothmann,* Astronom des Landgrafen *Wilhelm* von Hessen, glaubte zwar in den Winkelabständen zwischen einigen Fixsternen Unterschiede bis zum Betrage von zwei Minuten, im Laufe eines Jahrs bemerkt zu haben, die sich aus der Bewegung der Erde erklären liessen. Allein da er auch einen Unterschied von einer bis anderthalb Minuten zwischen den im Sommer und Winter beobachteten Polhöhen von Cassel fand, so erklärte *Tycho,* der die Polhöhe seines Beobachtungsortes zu allen Jahreszeiten gleich gefunden hatte, die von *Rothmann* beobachteten Phänomene,

aus Veränderungen in den gebrauchten Instrumenten, und aus den verschiedenen Zuständen der Atmosphäre.

Der erste welcher mit Sicherheit Veränderungen von jährlicher Periode in der Lage eines Fixsterns beobachtet hat, ist *Flamsteed*. Er beobachtete während eines Zeitraums von 8 Jahren, von 1689 bis 1697, an einem von ihm selbst construirten, mit einem Fernrohr versehenen Mauerquadranten, die Zenithdistanzen des Polarsterns, sowohl in der obern als in der untern Culmination, zu verschiedenen Jahreszeiten. Nachdem er die aus seinen Beobachtungen hervorgehenden Werthe der Declination von dem Einflusse der Praecession befreit hatte, fand er Veränderungen in denselben, die sich zu den verschiedenen Jahreszeiten eines jeden Jahrs in gleichem Sinne und in nahezu gleicher Grösse wiederholten. Der grösste Unterschied fand sich zwischen den im Juni und im December beobachteten Declinationen, und zwar waren die erstern 40 bis 45 Secunden kleiner als die letztern. *Flamsteed* erklärte diese Veränderungen aus der Bewegung der Erde um die Sonne. Diese Erklärung, nebst den Beobachtungen, findet sich in einem Briefe von *Flamsteed* an *Wallis*, der in den gesammelten Werken des letztern abgedruckt ist. Alsbald nach der Veröffentlichung dieses Briefes machte der damalige Astronom der Pariser Sternwarte, *Cassini*, darauf aufmerksam, dass Theorie nach welcher *Flamsteed* aus seinen Beobachtungen eine jährliche Parallaxe des Polarsterns abgeleitet habe, unrichtig sei. Er zeigte, dass *Flamsteed* die grössten, mittlern und kleinsten Werthe der Declination immer um drei Monate von den Zeitmomenten verschieden beobachtet habe, wann sie nach der Erklärung aus der Bewegung der Erde hätten stattfinden sollen; so dass die grössten Unterschiede in der Declination für zwei Jahreszeiten hätten eintreten müssen, für welche *Flamsteed* gerade keine Unterschiede gefunden hatte. *Flamsteed* überzeugte sich auch von der Unrichtigkeit seiner Theorie, es gelang ihm aber nicht den wahren Grund der von ihm beobachteten periodischen Ortsveränderungen des Sterns aufzufinden.

Fast gleichzeitig mit *Flamsteed* hatte *Römer* in Kopenhagen in den Declinationen mehrerer Sterne Veränderungen von jährlicher Periode gefunden. Er fand dass diese gleichfalls durch Parallaxe nicht konnten hervorgebracht sein, allein eine genügende Erklärung derselben vermochte er auch nicht zu geben.

Die Erklärung der in den Declinationen verschiedener Fixsterne beobachteten periodischen Veränderungen kann als eines der berühmtesten Probleme angesehen werden, womit sich die Astronomen zu Anfange des verflossenen Jahrhunderts beschäftigt haben. *Manfredi* spricht sich in einer Abhandlung „de annuis inerrantium stellarum observationibus, die im Jahre 1729 erschienen ist, so darüber aus: „Was früher in der Astronomie unerhört gewesen, ist in der jüngsten Zeit durch die zuverlässigsten Beobachtungen nachgewiesen worden, nämlich, dass es unter denjenigen Sternen, welche Fixsterne genannt werden, einige giebt, an denen sich zwar kleine aber ein Gesetz befolgende Veränderungen von jährlicher Periode zeigen. Die an wenigen Sternen gemachte Wahrnehmung hat bei den Astronomen die Vermuthung erregt, dass für die übrigen dasselbe gilt, und es giebt gegenwärtig keine Aufgabe, die so berühmt ist und von den bedeutendsten Astronomen mit solchem Eifer behandelt wird, als diese.“

Den Zweifeln über die Ursache der periodischen Veränderungen in den Fixsternörtern wurde bald hierauf durch die von *Bradley* gemachten Entdeckungen der Aberration des Lichts und der Nutation der Erdachse ein Ziel gesetzt. Dieser grosse Astronom betheiligte sich anfänglich an den Beobachtungen, welche *Molyneux* für die Untersuchung der periodischen Ortsveränderungen eines Fixsterns zu Kew, in der Nähe von London, anstellte. Das Instrument, welches letzterer zu diesem Zwecke hatte anfertigen lassen, war ganz dazu geeignet, Beobachtungen von grosser Sicherheit zu liefern. Es war dabei so einfach construirt, dass es möglich sein wird ohne Zeichnungen eine verständliche Beschreibung davon zu geben. Der obere Theil eines 24 Fuss langen Fernrohrs war mit einem Messingringe umgeben, an welchem zwei cylindrische, polirte Zapfen so befestigt waren, dass ihre gemeinschaftliche Achse verlängert die Längenachse des Rohrs in der Nähe der Mitte des Objectivs rechtwinklig durchschnitt. Diese Zapfen ruheten in Lagern, welche an einer sehr alten, von Backsteinen aufgeführten Schornstein-Mauer des Hauses dergestalt befestigt waren, dass das Fernrohr in der Ebene des Meridians um die Zapfen bewegt werden konnte. Diese Bewegung geschah mittelst einer Mikrometerschraube, die ein wenig höher als das Ocular durch eine an der Mauer befestigte Platte führte. Das untere

in der Zeit, in welcher sich das Licht vom Objectiv zum Fadenkreuz bewegt, ihren Ort verändert, das Fadenkreuz auch seinen Ort verändern, und der Stern, welcher bei unbeweglicher Erde in seiner Mitte gesehen wäre, erscheint alsdann etwas davon entfernt. Diese Abweichung ist die Aberration des Lichts. Ihr Betrag hängt auch von der Richtung der Bewegung der Erde gegen die Richtung nach dem beobachteten Sterne ab, und ändert sich daher mit der Jahreszeit, allein es ist klar dass dieselbe nach einem Jahre in gleicher Richtung und Grösse wiederkehren muss. *Bradley*'s Theorie der Aberration wurde sogleich, nachdem sie veröffentlicht war, von allen Astronomen als richtig anerkannt. Sie stellte sämmtliche bis dahin an den Fixsternen beobachteten Ortsveränderungen von jährlicher Periode dar, *) und ausserdem stimmte die Zeit, welche dieser Erklärung zufolge das Licht gebraucht, um von der Sonne bis zu uns zu gelangen, mit derjenigen überein, welche Römer einige Jahre vorher auf einem ganz andern Wege, aus Beobachtungen von Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, gefunden hatte.

Die Richtigkeit der von *Bradley* gefundenen 19jährigen Periode in den Ortsveränderungen der Sterne wurde von den beiden grössten Mathematikern der damaligen Zeit, *Euler* und *d'Alembert,* auch auf theoretischem Wege nachgewiesen.

Da die Aberration der Fixsterne eine Folge der Bewegung der Erde ist, so war durch ihre Entdeckung die Richtigkeit des copernicanischen Systems auch an scheinbaren Ortsveränderungen der Fixsterne nachgewiesen, mithin der Hauptzweck weshalb man Veränderungen von jährlicher Periode in der Lage der Fixsterne nachgesucht hatte, bereits erreicht. Es hatte indess immer noch ein grosses wissenschaftliches Interesse, zu erfahren, ob sich in den *Bradley*'schen Sectorbeobachtungen auch Spuren von Parallaxe zeigten. *Bradley* befreiete für diese Untersuchung alle seine Beobachtungen von dem Einflusse der Praecession, der Aberration und der Nutation, und fand alsdann eine solche Uebereinstimmung in den verschiedenen Declinationen jedes einzelnen Sterns, dass die übrig bleibenden Abweichungen nirgends die Un-

*) Aus den vorhin erwähnten, von *Flamsteed* ausgeführten Polarstern-Beobachtungen folgt für die Aberrations-Constante sehr nahe derselbe Werth, den *Bradley* dafür gefunden. M. s. meine Abhandlung Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes, p. 12.

sicherheit der Beobachtungen überstiegen. Er folgerte daraus, dass die jährliche Parallaxe von γ Draconis, den er am meisten beobachtet hatte, noch nicht eine halbe Secunde betragen könne.

Die Ermittelung der Fixstern-Parallaxen, wenn ihr Betrag so klein ist, wie *Bradley* aus seinen Beobachtungen gefolgert hatte, ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden; denn welche Beobachtungsmethoden für solche Untersuchungen auch angewandt werden, so ist es immer nöthig, die Beobachtungen zu verschiedenen Jahreszeiten anzustellen, da die entgegengesetzten Maxima der aus der Parallaxe hervorgehenden Ortsveränderungen eines Sterns sechs Monate aus einander liegen. Die Observationen werden daher in den beiden Hauptepochen unter äusserlich sehr verschiedenen Umständen angestellt, sowohl hinsichtlich der Temperatur, als auch der Helligkeit des Sterns, und der Beleuchtung des Gesichtsfeldes und der Theilung. Aus dieser Verschiedenheit der Umstände können Fehler entstehen, die von der Jahreszeit abhängen und sich mit den Wirkungen der Parallaxe vereinigen. Es ist daher erforderlich die Beobachtungen so anzuordnen, dass die genannten störenden Einflüsse entweder eliminirt oder ihrem Betrage nach bestimmt werden. Alle Beobachtungen welche mit Störungen von jährlicher Periode behaftet sind, die man nicht untersucht oder eliminirt hat, sind mangelhaft und führen in Bezug auf Parallaxe zu Resultaten die kein Vertrauen verdienen.

Der Einfluss der Veränderungen der Temperatur auf die Beobachtungen ist in dem vorliegenden Falle der erheblichste. Es giebt keine Masse, deren Volumen nicht von der Wärme abhängig ist, und da diese sich fortwährend verändert, so sind die verschiedenen Theile eines Instruments in einer continuirlichen Bewegung. Wenn diese Theile nicht homogen, oder wenn die Veränderungen der Temperatur in den verschiedenen Theilen nicht dieselben sind, so ist das Instrument Veränderungen in der Form unterworfen, die dem täglichen und jährlichen Gange der Temperatur folgen, und alsdann kann man das Instrument für die beiden Hauptepochen nicht mehr als dasselbe ansehen.

Durch die Angaben von Sectoren oder Höhenkreisen erhält man nur die scheinbaren Zenithdistanzen. Diese sind durch Anbringung der Refraction in wahre zu verwandeln. Aber die Refraction ist auch von der Temperatur abhängig und kann daher gleichfalls in

die Beobachtungen Fehler einführen, die sich mit der Jahreszeit verändern.

Am freiesten von dem Einflusse der Temperatur, der Unsicherheiten der Refraction und sonstiger Störungen, die ausserhalb der Instrumente liegen, sind mikrometrische Vergleichungen benachbarter Sterne. Indess können auch bei diesen Beobachtungen Fehler von jährlicher Periode entstehen, worauf ich später zurückkommen werde. Die mikrometrischen Vorrichtungen waren übrigens, bis vor etwa 30 Jahren so mangelhaft, dass sie zur Messung der äusserst kleinen, durch Parallaxe erzeugten Ortsveränderungen nicht verwandt werden konnten. Der ältere *Herschel* machte indess gegen Ende des vorigen Jahrhunderts doch den Versuch, mit den Mikrometern seiner grössern Spiegelteleskope solche Untersuchungen auszuführen. Er ging von der Annahme aus, dass die hellern Sterne uns näher seien, als die schwächern, und dass sich also in der gegenseitigen Lage zweier Sterne von verschiedener Helligkeit, Aenderungen von jährlicher Periode, als Folge des Parallaxenunterschiedes, herausstellen müssten. Er unternahm eine Beobachtungsreihe, in welcher er sämmtliche Sterne des *Flamsteed*'schen Catalogs untersuchte, um diejenigen Sterne zu entdecken, welche einen Begleiter haben, und verschaffte sich auf solche Weise die Materialien für die Auswahl der Sterne, die, seiner Meinung nach, zu Parallaxen-Bestimmungen am geeignetsten waren. Aus diesen Untersuchungen sind die viel bewunderten *Herschel*'schen Verzeichnisse von Doppelsternen hervorgegangen. *Herschel* überzeugte sich aber bald, sowohl aus den gegenseitigen Ortsveränderungen, die er in einigen Sternpaaren beobachtete, als auch aus der Anzahl der Doppelsterne, die viel zu gross war, als dass ihre Entstehung aus blos zufälliger Stellung von Sternen in verschiedenen Abständen von uns, erklärt werden konnte, dass bei Weitem die meisten Sternpaare zusammengehören und durch gegenseitige Anziehung mit einander verbunden sind. Da die zu einem Systeme gehörenden Sterne eines Doppelsterns nahezu gleich weit von uns entfernt sind, so konnte sich in ihren Beobachtungen keine jährliche Parallaxe zeigen. *Herschel* hat daher später die Doppelsterne auch nur allein zu dem Zwecke beobachtet, die Bewegungen in den einzelnen Systemen zu ermitteln.

Mikrometrische Vergleichungen sind darauf eine geraume Zeit

hindurch für Parallaxen-Untersuchungen nicht vorgenommen worden. Dagegen wurden zu Anfang dieses Jahrhunderts, für diesen Zweck, wieder Zenithdistanzen beobachtet, weil man der Ansicht war, dass wenn *Bradley* an den von ihm beobachteten Sternen keine Parallaxe wahrgenommen habe, dieses zum Theil daran liegen könne, dass sie nicht zu den hellsten gehören, indem der am meisten beobachtete Stern γ Draconis nur von der 2ten bis 3ten Grösse ist. Man hielt es für möglich, dass sich bei Sternen erster Grösse, die uns der Wahrscheinlichkeit nach näher sind, dennoch Parallaxen von merklichem Betrage zeigen könnten.

Piazzi beobachtete, an einem von *Ramsden* verfertigten Höhenkreise, verschiedene der hellsten Sterne, α Lyrae, Capella, Aldebaran, Sirius, Procyon, Arcturus und α Aquilae, zu den Zeiten der entgegengesetzten Maxima der Parallaxe in Declination. Er erklärte jedoch alle seine Beobachtungen selbst für etwas unsicher, weil das Dach des Beobachtungslocals sich nur ein Paar Fuss oberhalb des höchsten Puncts seines Verticalkreises befand, und daher am Tage die obern Theile des Instruments beträchtlich wärmer waren, als die untern. Aus den von ihm selbst auf solche Weise verdächtig gemachten Beobachtungen, fand er für α Lyrae, Capella, Arcturus und α Aquilae keine merkliche Parallaxen, dagegen fand er für Aldebaran die jährliche Parallaxe $1\frac{1}{2}$ Sec., für Procyon 3 Sec., für Sirius 4 Sec.

Beinahe gleichzeitig mit *Piazzi* untersuchte *Calandrelli* in Rom die Parallaxe von α Lyrae. Er benutzte dazu einen Sector von 9 Fuss Länge, der wie die *Bradley*'schen Sectoren mit einem Loth versehen, aber darin viel mangelhafter construirt war, dass er aus verschiedenen Metallen bestand. Bei diesem Instrumente wäre es nothwendig gewesen, es oftmals umzulegen, um die aus der Verschiedenheit der Temperaturen hervorgehenden Veränderungen im Collimationsfehler unschädlich zu machen. *Calandrelli* liess aber das Instrument immer in derselben Lage und es ist daher nicht zu verwundern, dass er einen sehr fehlerhaften Werth für die Parallaxe fand. Aus seinen Beobachtungen folgt die jährliche Parallaxe von α Lyrae 4 Sec., während sie nach den neueren Beobachtungen nur einen kleinen Theil einer Secunde beträgt.

Viel sicherer als die von *Piazzi* und *Calandrelli* gefundenen Parallaxen waren diejenigen, welche *Bessel* aus Beobachtungen

ableitete, die *Bradley* an dem Passageninstrument zu Greenwich, jedoch nicht in der Absicht Parallaxen zu bestimmen, angestellt hatte. *Bessel* untersuchte die von *Bradley* beobachteten Rectascensions-Differenzen zwischen Sirius und α Lyrae, Procyon und α Aquilae, und ausserdem die über und unter dem Pole ausgeführten Beobachtungen des Polarsterns. Bei dieser Untersuchung wurde zum ersten Male das *Gauss*'ische Verfahren augewandt, aus einer grössern Anzahl von Beobachtungen, als zur Auflösung einer vorliegenden Aufgabe unumgänglich erforderlich sind, den wahrscheinlichsten Werth der daraus abzuleitenden Grösse zu bestimmen. Dieses Verfahren hat den Vorzug, dass keine Beobachtung unbenutzt bleibt, und dass sich auch der Grad der Sicherheit, welcher dem abgeleiteten Werthe beizulegen ist, angeben lässt, wenn keine ein Gesetz befolgende Beobachtungsfehler vorgekommen sind. Für die Bestimmung der Sicherheit ermittelte *Bessel* die wahrscheinlichen Fehler der von ihm gefundenen Werthe. Der wahrscheinliche Fehler einer aus Beobachtungen gefolgerten Grösse steht mit dem wirklichen Fehler, der sich nie angeben lässt, in einem solchen Zusammenhange, dass der Wahrscheinlichkeit nach unter 6 Fällen einmal der wirkliche Fehler das Doppelte des wahrscheinlichen Fehlers übertrifft, unter 23 Fällen das Dreifache, unter 143 Fällen das Vierfache etc. *Bessel* fand die Summe der jährlichen Parallaxen von Sirius und α Lyrae $=$ 0″04, mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0″24; die Summe der Parallaxen von Procyon und α Aquilae $=$ 0″93 m. d. w. F. 0″21. Für die Parallaxe des Polarsterns ergab sich ein kleiner negativer Werth, nämlich 0″14 m. d. w. F. 0″08. Aus denselben Beobachtungen hat *Bessel* auch den Betrag der Aberration des Lichts abgeleitet und dafür einen Werth gefunden, der von den neuesten Bestimmungen nicht stärker abweicht, als die wahrscheinlichen Fehler andeuten. Hierdurch wird die vortheilhafte Meinung, welche *Bessel* von dem soliden Stande des *Bradley*'schen Passageninstruments und dem regelmässigen Gange der benutzten Uhr hatte, gerechtfertigt, und man kann annehmen, dass die Unsicherheiten der gefundenen Parallaxen, den gefundenen wahrscheinlichen Fehlern nahezu entsprechen. Die Parallaxen von Sirius, α Lyrae und dem Polarstern können demnach nur kleine Theile einer Secunde betragen, und es folgt daraus, dass die von *Calandrelli* für α Lyrae, und die von *Piazzi* für Sirius gefundenen viel grösseren Werthe fehlerhaft sein müssen.

Keiner der neueren Astronomen hat so viele Zeit auf die Untersuchung der Fixsternparallaxen verwandt, als *Brinkley* in Dublin. Seine Beobachtungen umfassen einen Zeitraum von 14 Jahren, von 1809 bis 1822. Das Instrument, welches er benutzte, war ein mit Mikroskopen versehener Verticalkreis von 8 Fuss Durchmesser, welcher Beobachtungen von grosser Genauigkeit erwarten liess, und *Brinkley* bewies in der Anordnung der Beobachtungen, sowie in der Behandlung des Instruments, die grösste Umsicht, indem er sich bestrebte alle Fehlerquellen zu vermeiden, die nachtheilig auf seine Beobachtungen hätten einwirken können. Am Schlusse seiner Arbeit hatte er daher auch die Ueberzeugung gewonnen, dass die periodischen Veränderungen, welche sich in einigen seiner Beobachtungen zeigten, nur aus jährlicher Parallaxe konnten hervorgegangen sein. Dennoch unterliegt es gegenwärtig keinem Zweifel, dass die von *Brinkley* gewonnene Ueberzeugung eine illusorische gewesen, und dass die Variationen welche er beobachtet hat, andern Ursachen zuzuschreiben sind. Es wird immer schwer sein, diese Ursachen genau anzugeben, die einem so ausgezeichneten Astronomen, wie *Brinkley*, während der langen Dauer seiner Untersuchungen verborgen bleiben konnten.

Die von *Brinkley* gefundenen jährlichen Parallaxen zeigten hinsichtlich ihrer Grösse eine Abhängigkeit von der Lage der Sterne an der Himmelskugel, und wegen dieses Umstandes erschienen sie sogleich den übrigen Astronomen verdächtig. *Brinkley* fand nämlich für die Sterne, die im Monat Juni um Mitternacht durch den Meridian gehen, die jährliche Parallaxe um so grösser, je grösser der Scheitelabstand im Meridian war. Für ganz geringe Scheitelabstände fand er die Parallaxe nahezu Null, für 15° Scheitelabstand eine Secunde und für 45 bis 50° Scheitelabstand 2 bis 3 Secunden. Dagegen waren nach seinen Beobachtungen die Parallaxen aller Sterne, die im December und Januar culminiren nahezu Null, die Scheitelabstände mochten klein oder gross sein. Als fehlerhaft sind hier insbesondere die grössern Parallaxen anzusehen. Unter den beobachteten Sternen sind auch α Lyrae und α Aquilae, deren Parallaxen *Bessel*, wie bereits erwähnt, aus *Bradley*'schen Beobachtungen abgeleitet hat. *Brinkley* fand die jährliche Parallaxe von α Lyrae eine Secunde und die von α Aquilae 2 Secunden, während *Bessel* für den ersten Stern einen verschwin-

unveränderte Richtung um ungefähr 5 Minuten in einem Tage. Wenn das Licht einen Tag gebrauchte um die grosse Halbachse der Bahn zu durchlaufen, so würden daraus in der elliptischen Bewegung Ungleichheiten entstehen, deren Maxima nahezu 4 Minuten nach entgegengesetzten Seiten betragen. Hätten nun die Beobachtungen eine solche Genauigkeit, dass sie eine Ungleichheit von diesem Betrage mit Sicherheit erkennen liessen, so würde sich daraus eine jährliche Parallaxe von $\frac{1}{20}$ Secunde ergeben. Wären die Ungleichheiten, welche die Vergleichung der Beobachtungen mit den Bahnelementen zu erkennen giebt, 5 Mal so gross, also 20 Minuten in den Positionswinkeln, so würde die jährliche Parallaxe des Doppelsterns nur den hundertsten Theil einer Secunde betragen. Die Beobachtungen, welche *Savari* im Jahre 1827 für die Bahnberechnung benutzen konnte, hatten eine viel geringere Genauigkeit, als die jetzigen, allein er konnte doch mit Sicherheit nachweisen, dass die beobachteten Positionswinkel keine aus der Lichtbewegung hervorgegangene Ungleichheit von mehr als einem Grade enthalten konnten, und daraus liess sich dann wieder mit Sicherheit folgern, dass die jährliche Parallaxe des Sterns nicht kleiner sein könne, als der $\frac{1}{300}$ Theil einer Secunde.

Das *Savari*'sche Verfahren, so sinnreich es auch ist, hat doch eigentlich nur eine theoretische Bedeutung, denn es giebt wenige Doppelsterne, deren Bahnen so beschaffen sind, dass man es darauf anwenden könnte, und in den Fällen, wo es zur Anwendung kommen kann, liegen doch die unter Benutzung desselben erlangten Grenzen der Entfernungen noch immer äusserst weit auseinander.

Wenige Jahre später, als *Savari* seine Methode, die untern Grenzen einiger Fixstern-Parallaxen zu ermitteln, angegeben hatte, vervollkommnete *Fraunhofer* die mikrometrischen Messapparate an Fernröhren von grosser optischer Kraft so bedeutend, dss das Verfahren jährliche Parallaxen aus Vergleichungen benachbarter Sterne abzuleiten, mit Aussicht auf Erfolg wieder zur Anwendung gebracht werden konnte. Die beiden ersten Apparate, welche diese Vollkommenheit hatten, waren der Refractor der Dorpater Sternwarte mit einem Objective von 9 Zoll Durchmesser und das Heliometer der Königsberger Sternwarte mit einem Objective von 6 Zoll Durchmesser. Das letztere Instrument hat eine geringere optische Kraft,

als das erstere, aber den Vorzug, dass erheblich grössere Winkelabstände damit gemessen werden können.

Bei den äusserst geringen Werthen der Fixsternparallaxen, wie die bisherigen Untersuchungen sie ergeben hatten, hing die Aussicht selbst mit den vollkommenern Instrumenten Werthe zu erhalten, die ihre aus den immer noch unvermeidlichen Beobachtungsfehlern hervorgehenden Unsicherheiten erheblich an Grösse überträfen, hauptsächlich davon ab, dass solche Sterne für die Untersuchung ausgewählt wurden, von denen sich vermuthen liess, dass sie uns verhältnissmässig nahe seien. Für die grössere oder geringere Entfernung eines Fixsterns lässt sich auf zweierlei Weise eine Vermuthung aufstellen, indem man entweder die Helligkeit oder die Grösse der Bewegung in Betracht zieht, mit welcher sich der Stern scheinbar gegen andere Sterne bewegt. *Struve* wählte für die Untersuchung am Dorpater Refractor einen der hellsten Sterne, den mit α bezeichneten Stern der Leyer, *Bessel* den Stern, der die grösste von den damals bekannten Eigenbewegungen hat, den durch seine Untersuchungen sehr bekannt gewordenen Stern 61 im Schwan.

Struve verglich den hellen Stern der Leyer mit einem 43 Secunden davon entfernten Stern 11ter Grösse. Von dem letztern war früher schon nachgewiesen worden, dass er an der ziemlich beträchtlichen Eigenbewegung des hellen Sterns keinen Theil hat und folglich mit ihm kein physisch verbundenes Doppelsternsystem bildet. Aller Wahrscheinlichkeit nach muss daher die Parallaxe des kleinen äusserst lichtschwachen Sterns verschwindend klein sein, im Vergleich zu der des hellen. *Struve* fand aus 96 Vergleichungen, die er in den Jahren 1835 bis 1839 angestellt hatte, die jährliche Parallaxe von α Lyrae = 0″26 mit dem w. F. 0″03. Später fand der jüngere *Struve* aus Vergleichungen mit demselben lichtschwachen Begleiter, die er am Refractor der Pulkowaer Sternwarte angestellt hatte, die jährliche Parallaxe 0″15 ±0,01. Dieser letztere Werth ist nahezu nur halb so gross, als der von dem ältern *Struve* gefundene, und der Unterschied zwischen beiden ist grösser, als dass er aus den wahrscheinlichen Fehlern erklärt werden könnte. Die Beobachtungen scheinen daher nicht ganz frei von dem Einflusse periodischer Fehler zu sein. Als einen sehr genäherten Werth für die jährliche Parallaxe von α Lyrae wird man jedoch das Mittel aus den in Dorpat und Pulkowa gefundenen

Werthen immer ansehen können. Die jährliche Parallaxe dieses Sterns ist demnach = 0″21 und das Licht gebraucht etwa 16 Jahre um von ihm bis zu uns zu gelangen.

Der von *Bessel* für Parallaxe untersuchte Stern 61 Cygni ist ein Doppelstern, dessen einzelne Sterne an Helligkeit wenig von einander verschieden sind. Der eine Stern ist 5ter Grösse, der andere 6ter Grösse; der Abstand beider beträgt gegenwärtig 18 Secunden. Sie bilden ein durch gegenseitige Anziehung verbundenes System, wie aus der, beiden Sternen gemeinschaftlichen starken Eigenbewegung hervorgeht. Diese Eigenbewegung beträgt jährlich 6 Secunden, so dass der Doppelstern in 300 Jahren, unter den übrigen Sternen, von uns gesehen, einen Weg zurücklegt, der nahezu dem scheinbaren Durchmesser der Mondscheibe gleich kommt.

Mit dem Königsberger Heliometer wurden Abstände dieses Doppelsterns von zwei benachbarten kleinen Sternen gemessen, die keine merkliche Eigenbewegung haben, und beide von der 9ten bis 10ten Grösse sind. Der eine Vergleichstern liegt nahezu in der Richtung der Linie, welche die beiden Sterne von 61 Cygni verbindet, der andere in einer Richtung die zu dieser Linie nahezu perpendiculär ist. Der erste Stern ist 12 Minuten von dem Doppelstern entfernt, der andere 8 Minuten. Die Messungen wurden in den Jahren 1837 bis 1840, anfänglich von *Bessel*, und später, unter seiner Leitung, von einem seiner Assistenten, *Schlüter*, ausgeführt. Aus sämmtlichen Beobachtungen folgt die jährliche Parallaxe von 61 Cygni = 0″37, und zwar mit einer so grossen Genauigkeit, dass der wahrscheinliche Fehler dieses Werthes, wie er aus den Beobachtungen selbst hervorgeht, nicht grösser als 0″01 ist. Zu dieser Bestimmung musste jeder Astronom dass grösste Vertrauen haben, nicht allein in richtiger Würdigung der von *Bessel* angewandten Beobachtungsmethoden, sondern auch weil die Vergleichungen mit zwei verschiedenen Sternen, für welche die Maxima der Parallaxen-Einwirkung auf zwei verschiedene Jahreszeiten fielen, und die von zwei verschiedenen Beobachtern, *Bessel* und *Schlüter*, ausgeführten Messungen, sämmtlich sehr nahe gleiche Werthe für die Parallaxe gegeben hatten. Da dieses die erste Parallaxenbestimmung war, gegen deren Sicherheit kein Zweifel erhoben werden konnte, so wurde *Bessel* von der astronomischen Gesellschaft in London die goldene Medaille zuerkannt. Das Verdienst, welches

Bessel sich in dieser Beziehung erworben hat, ist insbesondere von *Herschel* in einer Rede hervorgehoben, die er bei Gelegenheit dieser Preisertheilung gehalten hat, und die auch in den Annalen der Astronomischen Gesellschaft veröffentlicht ist.

Nach Beendigung der Beobachtungsreihe von 61 Cygni, liess *Bessel*, mittelst seines Heliometers, noch die Parallaxe eines zweiten Sterns untersuchen, von dem *Argelander* kurz zuvor nachgewiesen hatte, dass er eine noch etwas stärkere Eigenbewegung hat, als 61 Cygni. Dieser im Sternbilde des grossen Bären befindliche Stern ist von der 6ten bis 7ten Grösse und hat eine jährliche Eigenbewegung von 7 Secunden. Die Beobachtungen wurden anfänglich von *Schlüter*, und nach dessen Tode von *Wichmann* angestellt. *Schlüter* maass in den Jahren 1842 und 1843, an 41 Tagen, Abstände von zwei Sternen, von denen der eine 9ter, der andere 10ter Grösse ist. Der zu untersuchende Stern befand sich nahezu in der Mitte zwischen beiden Vergleichsternen und war von jedem 27 Minuten entfernt. *Wichmann* setzte die Beobachtungen in den Jahren 1847 bis 1852 fort, und fügte den von *Schlüter* benutzten Vergleichsternen noch einen dritten hinzu, der sich in der Nähe des einen *Schlüter*'schen Sterns befindet. Bei der Ableitung der Parallaxe aus diesen Beobachtungen zeigte es sich, wie wichtig die von *Bessel* getroffene Anordnung gewesen, dass er nicht einen einzelnen Vergleichstern ausgewählt hatte, sondern zwei, die nach sehr verschiedenen Richtungen gegen den Hauptstern lagen. Für 61 Cygni hatten die Messungen von den einzelnen Vergleichsternen zu gleichen Werthen der Parallaxe geführt, und durch diese Uebereinstimmung war das Vertrauen zu der erlangten Bestimmung sehr erhöhet worden. Die Beobachtungen des *Argelander*'schen Sterns boten die nicht erwartete Erscheinung dar, dass die Vergleichungen mit einem einzelnen Vergleichsterne einen fehlerhaften Werth für die Parallaxe ergaben, und dass nur durch eine geeignete Combination der Messungen von allen Vergleichsternen ein sicheres Resultat erlangt werden konnte. Es zeigte sich nämlich, dass sämmtliche Distanzmessungen eines Abends oftmals mit constanten Fehlern behaftet waren. Die an einem Tage gemessenen Distanzen waren zuweilen sämmtlich um mehr als eine halbe Secunde grösser oder kleiner, als die am folgenden Tage gemessenen. Diese Unterschiede sind nicht von der Temperatur abhängig, und sind wahrscheinlich

dadurch entstanden, dass der Beobachter die Bilder der Sterne, welche er im Heliometer mit einander verglichen, nicht immer in gleichem Abstande vom Objectiv aufgefasst hat. Diese Fehlerquelle musste auf die Distanzen von 27 Minuten bei den Messungen des *Argelander*'schen Sterns einen erheblich grössern Einfluss üben, als auf die kleinern Distanzen von 8 und 12 Minuten, die bei 61 Cygni gemessen sind. Je grösser die Distanzen sind, um so mehr muss nämlich die optische Unvollkommenheit des Objectivs hervortreten, und um so leichter können bei den mehr verwaschenen Bildern der Sterne Schwankungen im Orte ihrer Auffassung entstehen. Aus sämmtlichen Messungen habe ich die Parallaxe auf solche Weise abgeleitet, dass jeder Fehler welcher an einem Abende der gemessenen Entfernung proportional gewirkt haben kann, vollständig eliminirt ist. Auf diese Weise ergab sich die jährliche Parallaxe = 0″141 m. d. w. F. 0″013. Die Entfernung des Sterns ist hiernach 22 Lichtjahre.

Da sich bei den Beobachtungen des *Argelander*'schen Sterns das Vorhandensein von Fehlern herausgestellt hatte, die an einzelnen Abenden in gleichem Sinne wirken, so erschien es mir der Mühe werth, die Königsberger Beobachtungen von 61 Cygni auch auf solche Weise in Rechnung zu nehmen, dass diese Fehler eliminirt wurden, wenngleich ihr Betrag viel kleiner sein musste, als bei den Beobachtungen des ersten Sterns. Auf diese Weise fand ich die jährliche Parallaxe von 61 Cygni = 0″360 m. d. w. F. 0″012, fast vollkommen mit dem Werthe übereinstimmend, den *Bessel* gefunden hat.

Argelander entdeckte bei Gelegenheit von Beobachtungen, die er für die Anfertigung von Sternkarten anstellte, noch einige Sterne von starker Eigenbewegung. Die merkwürdigsten darunter sind ein Stern im grossen Bären, schwach 7ter Grösse, mit einer jährlichen Eigenbewegung von 5 Secunden, ein Stern gleichfalls im grossen Bären, von der 8ten bis 9ten Grösse, mit einer jährlichen Eigenbewegung von 4 Secunden und ein Stern schwach 9ter Grösse mit einer jährlichen Eigenbewegung von 1″4. Die letztere Eigenbewegung verdient deshalb eine besondere Beachtung, weil es die stärkste von allen ist, welche bisher für so lichtschwache Sterne gefunden sind. Die beiden ersten Sterne werden meistens, nach der Zeitfolge in welcher *Argelander* auf ihre starke Bewegung aufmerksam geworden ist, der 2te und 3te *Argelander*'sche Stern genannt.

Mit dem Heliometer der Bonner Sternwarte sind die soeben erwähnten drei Sterne, und ausserdem ein Doppelstern 70 Ophiuchi, für die Bestimmung ihrer Parallaxen, beobachtet worden. Der letztere Stern hat eine jährliche Eigenbewegung von einer Secunde, die immer schon als nicht unbeträchtlich anzusehen ist; ausserdem hat er als Doppelstern eine verhältnissmässig kurze Umlaufszeit von 96 Jahren bei einem mittlern Abstand beider Sterne von 5 Secunden. Aus beiden Gründen bot er die Wahrscheinlichkeit einer Parallaxe von messbarer Grösse dar. Jeder dieser Sterne wurde mit zwei lichtschwachen Sternen verglichen, die keine merkliche Eigenbewegung haben, und die nach entgegengesetzten Richtungen von dem zu untersuchenden Sterne abstanden.

Den 2ten *Argelander*'schen Stern, mit einer Eigenbewegung von 5″ jährlich, hat *Winnecke* beobachtet. Er fand die Parallaxe = 0″511 m. d. w. F. 0″015. Die andern drei Sterne sind von *Krueger* beobachtet. Aus seinen Messungen folgt die Parallaxe des 3ten *Argelander*'schen Sterns, von 4″ jährlicher Eigenbewegung, = 0″26 m. d. w. F. 0″02; die Parallaxe des Sterns 9ter Grösse, mit der jährlichen Eigenbewegung von 1″4, = 0″247 m. d. w. F. 0″021 und die Parallaxe von 70 Ophiuchi = 0″150 m. d. w. F. 0″006.

Der 3te *Argelander*'sche Stern wurde auch in den Jahren 1860, 61 und 62 am Königsberger Heliometer mit denselben Sternen verglichen, die *Krueger* in Bonn benutzt hatte. *Auwers,* der diese Beobachtungen anstellte, fand daraus die jährliche Parallaxe = 0″27 m. d. w. F. 0″01, fast vollkommen mit *Krueger* übereinstimmend. Diese verschiedenen, aus Heliometerbeobachtungen abgeleiteten Parallaxen, sind sämmtlich als sehr sicher anzusehen, weil immer zwei Vergleichsterne benutzt sind und die Berechnung so geführt ist, dass alle Fehler von jährlicher Periode eliminirt werden mussten. Herr Dr. *Auwers* hat noch für einige andere Sterne die Parallaxen aus seinen Heliometerbeobachtungen abgeleitet, allein ich übergehe dieselben hier, weil bei einem derselben (61 Cygni) ein Beobachtungsverfahren angewandt ist, welches Herr Dr. *Auwers* später selbst als fehlerhaft erkannt hat, und weil die übrigen auf Vergleichungen mit nur einem einzigen Stern beruhen.

Der Director der Sternwarte in Oxford, *Johnson,* benutzte ein von den Gebrüdern *Repsold* angefertigtes Heliometer gleichfalls zu

Parallaxenuntersuchungen. Er beobachtete die beiden Sterne von starker Eigenbewegung, welche *Bessel* zu demselben Zwecke ausgewählt hatte, und den Stern α Lyrae, dessen Parallaxe die beiden *Struve* bestimmt haben. Jeden dieser Sterne verglich er mit zwei nach entgegengesetzten Richtungen belegenen, benachbarten Sternen, so dass die von ihm gefundenen Werthe hinsichtlich der Beobachtungen Vertrauen verdienen. Die Rechnung ist jedoch nicht ganz strenge mit Rücksicht auf die Elimination aller Fehler von jährlicher Periode durchgeführt worden. Für 61 Cygni fand er die jährliche Parallaxe = 0″42, für den ersten *Argelander*'schen Stern 0″03, für α Lyrae 0″15. Der für 61 Cygni gefundene Werth weicht so wenig von dem *Bessel*'schen ab, dass der Unterschied sich allein aus den wahrscheinlichen Fehlern beider Werthe erklären lässt. Für den ersten *Argelander*'schen Stern ist jedoch die Abweichung etwas grösser. Für α Lyrae stimmt *Johnson*'s Werth genau mit dem von dem jüngern *Struve* gefundenen überein.

Nahezu gleichzeitig mit den neuern mikrometrischen Messungen sind auf einigen Sternwarten auch noch Beobachtungen an Höhenkreisen zur Untersuchung von Parallaxen ausgeführt worden. Bei diesen Beobachtungen sind Fehler, deren Betrag sich mit der Jahreszeit ändert, viel schwerer so vollständig zu vermeiden, als es bei Mikrometermessungen der Fall ist; sie haben aber, wie schon erwähnt worden, den Vorzug, dass sie zur Kenntniss der absoluten Parallaxe eines Sterns führen, wohingegen man aus Vergleichungen mit benachbarten Sternen nur den Ueberschuss der Parallaxe des Hauptsterns über den Mittelwerth der Parallaxen der Vergleichsterne erhält.

An den Meridianinstrumenten der Sternwarte auf dem Cap sind für die Ermittelung der Parallaxe zwei Sterne beobachtet worden, von denen sich vermuthen liess, dass sie uns verhältnissmässig nahe seien; der hellste Stern am ganzen Himmel, Sirius, und der Doppelstern α Centauri. Für den letztern lagen mehrere Gründe vor, ihn für einen der nächsten zu halten. Seiner Helligkeit nach gehört er zu den Sternen 1ster Grösse, seine Eigenbewegung gehört zu den stärksten und beträgt jährlieh $3\frac{1}{2}$ Secunden, und ausserdem hat er als Doppelstern eine kurze Umlaufszeit von 80 Jahren bei einem beträchtlichen Abstande beider Sterne von einander von 15″.

Dieser Stern war in den Jahren 1831 und 1832 von dem zeitigen Director der Sternwarte des Cap, *Henderson,* an einem Mauerkreise und von dem zweiten Astronomen, *Meadow,* an einem Passageninstrument observirt worden. Die starke Eigenbewegung des Sterns war damals noch nicht bekannt, und die Beobachtungen waren deshalb nicht in der Absicht, die Parallaxe, sondern einen mittlern Ort des Sterns zu bestimmen, ausgeführt worden. Sie können indess doch zu einer genäherten Bestimmung der Parallaxe benutzt werden, indem sie zu verschiedenen Jahreszeiten angestellt sind, und man erhält aus ihnen nahe übereinstimmend die jährliche Parallaxe des Sterns $1\frac{1}{10}$ Secunde. *Henderson,* der bald darauf nach England zurückkehrte, veranlasste den jetzigen Director der Sternwarte des Cap, *Maclear,* die Beobachtungen mit grösster Sorgfalt fortzusetzen. Dieser beobachtete anfänglich mit demselben Höhenkreise, den *Henderson* benutzt hatte, später mit einem andern. Er maass jedesmal den Winkelabstand zwischen dem Sterne selbst und dem von einem Quecksilberhorizont reflectirten Bilde des Sterns. Auf diese Weise wirkte die Parallaxe auf jede Beobachtung mit ihrem doppelten Betrage ein. Nebenbei wurden die Beobachtungen durch diese Anordnung frei von dem Einflusse der Temperatur auf das Instrument. Aus allen Beobachtungen folgt die jährliche Parallaxe $= 0''98$ m. d. w. F. $0''06$, und zwar geben die Beobachtungen, welche an drei Instrumenten und von drei Beobachtern ausgeführt sind, diesen Werth beinahe in vollkommener Uebereinstimmung, so dass derselbe ohne Zweifel grosses Vertrauen verdient.

Maclear beobachtete Sirius auf dieselbe Weise, wie α Centauri, indem er eine directe Beobachtung mit einer Reflexbeobachtung combinirte. Aus diesen Beobachtungen berechnete *Henderson* die jährliche Parallaxe $= 0''16 \pm 0''09$. *Bessel* machte später darauf aufmerksam, dass sich an Sirius periodische Ortsveränderungen zeigen, die nur aus der Bewegung um einen damals noch nicht gesehenen Begleiter hervorgehen konnten. Werden diese Ortsveränderungen bei der Berechnung der *Maclear*'schen Beobachtungen berücksichtigt, so erhält man die jährliche Parallaxe des Sirius aus ihnen etwas grösser, und zwar $= 0''20$. (Man vergleiche: *Gyldén*'s Abhandlung über die Siriusparallaxe im 4. Bande der Mélanges mathématiques et astronomiques tirés du Bulletin de l'Académie Imp. des sciences de St-Petersbourg).

Während meines Aufenthalts auf Pulkowa habe ich in den Jahren 1842 und 1843 verschiedene Sterne, in der Absicht ihre Parallaxen zu bestimmen, an einem Verticalkreise von *Ertel* beobachtet. Dieses Instrument ist, was den eingetheilten Kreis mit dem Mikroskopensystem und das Fernrohr anbetrifft, den besten Meridiankreisen gleich zu stellen, hat vor diesen aber den grossen Vorzug, dass man jeden Stern um die Zeit seiner Culmination in beiden Lagen des Kreises (Kreis Ost und Kreis West) beobachten und dadurch den Einfluss der Temperatur aufdie Mikroskope unschädlich machen kann.

Die von mir zu den genannten Zweck beobachteten Sterne sind 61 Cygni, der erste *Argelander*'sche Stern, α Lyrae, α Aurigae, α Bootis, der Polarstern, α Cygni und ι Ursae majoris. Die beiden letzten Sterne habe ich deshalb gewählt, weil sich unter allen von *Struve* am Dorpater Passageninstrument beobachteten Sternpaaren, für dieses die grösste Summe der Parallaxen herausgestellt hatte.

Die Parallaxe von 61 Cygni folgt aus meinen Beobachtungen 0″35, fast genau mit *Bessel* übereinstimmend. Die Parallaxe des ersten *Argelander*'schen Sterns ist nach meinen Beobachtungen 0″23, etwas grösser als nach den Königsberger Beobachtungen, die 0″14 gegeben hatten. Die Beobachtungen dieses Sterns lagen indess unter allen, die ich zur Untersuchung von Parallaxen anstellte, am ungünstigsten, indem ich den Stern, seiner Lichtschwäche wegen, vorzüglich nur um die Zeiten des einen Maximums der Parallaxe und des einen Maximums der Aberration beobachten konnte. Für α Lyrae finde ich die jährliche Parallaxe = 0″10, noch innerhalb des Betrags der wahrscheinlichen Fehler mit dem von dem jüngern *Struve* gefundenen Werth übereinstimmend.

Aus diesen Uebereinstimmungen, so wie aus einer sehr geringen Abweichung des aus denselben Beobachtungen abgeleiteten Werthes der Aberrations-Constante von demjenigen Werthe, den man gegenwärtig als den sichersten ansehen kann, geht hervor, dass die Beobachtungen sehr nahe frei von dem Einflusse periodischer Fehler gehalten sind. Die Werthe, welche ich, ausser den erwähnten, für Parallaxe noch gefunden habe, sind:

Für den Polarstern 0″07 m. d. w. F. 0″01, für α Aurigae 0″05 m. d. w. F. 0″20, α Bootis 0″13 m. d. w. F. 0″07, ι Ursae majoris 0″13 m. d. w. F. 0″11. Alles sehr kleine Werthe. Für α Cygni,

einen Stern zwischen der ersten und zweiten Grösse, folgt aus meinen Beobachtungen ein kleiner negativer Werth für die Parallaxe, nämlich 0″08 mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0″04. Dieser negative Werth kann natürlich nur aus Beobachtungsfehlern hervorgegangen sein, allein aus dem geringen Betrage des wahrscheinlichen Fehlers ersieht man, dass der wirkliche Werth der Parallaxe nur sehr klein sein kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Parallaxe grösser als 0″1 sei, ist etwa $\frac{1}{400}$. Die aus *Struve*'s Beobachtungen am Dorpater Passageninstrumente geschöpfte Vermuthung, dass einer der beiden Sterne α Cygni oder ι Ursae majoris eine Parallaxen von erheblichem Betrage habe, indem er für die Summe der Parallaxen $\frac{1}{2}$ Secunde fand, hat sich demnach nicht bestätigt. Am sichersten ergeben meine Beobachtungen die Parallaxe des Polarsterns, weil dieser Stern zu jeder Jahreszeit in beiden Culminationen beobachtet werden konnte. Die Parallaxe dieses Sterns lässt sich noch aus verschiedenen andern grössern Beobachtungsreihen ableiten. Aus allen Declinations- und Rectascensions-Beobachtungen, die in Pulkowa und Dorpat angestellt sind, sowie aus 890 auf verschiedenen anderen Sternwarten angestellten Rectascensionen, die *Lindenau* für die Bestimmung des Betrags der Nutation in Rechnung genommen hat, folgt im Mittel die Parallaxe des Polarsterns = 0″09 m. d. w. F. 0″01.

In dem Vorigen werden beinahe alle Sterne, deren Parallaxen bis jetzt aus Beobachtungen berechnet sind, genannt sein. Beobachtet sind jedoch in den letzten Jahren für die Untersuchung ihrer Entfernungen noch mehrere Sterne und allein auf der Altonaer Sternwarte etwa 40, allein die Berechnung dieser Beobachtungen ist noch nicht zu Ende geführt. Die Anzahl der Sterne, deren Parallaxen mit Sicherheit auf solche Weise ermittelt sind, dass die dafür gefundenen Werthe ihre wahrscheinlichen Fehler erheblich an Grösse übertreffen, beträgt etwa 10. Ausserdem sind noch für manche andere Sterne Parallaxen-Werthe gefunden, die man als frei von dem Einflusse periodischer Fehler ansehen kann, deren aus zufälligen Beobachtungsfehlern hervorgehende Unsicherheiten aber so beträchtlich sind, dass sich die Entfernungen der Sterne nicht daraus ableiten lassen. Eine solche Bestimmung kann indess doch dazu dienen, um anzudeuten, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass der wahre Werth der Parallaxe innerhalb gegebener Grenzen

liegt, und wenn spätere Untersuchungen einen zweiten Werth für die Parallaxe liefern, so kann man den frühern damit nach seinem Gewicht zu einem Mittelwerthe vereinigen. Diese Combination ist immer sicherer, als jeder der einzelnen Werthe für sich genommen.

Von den Sternen, deren Parallaxen mit Sicherheit bestimmt sind, ist der nächste α Centauri. Von ihm gebraucht das Licht um bis zu uns zu gelangen nahezu 3 Jahre. Auf diesen folgt, in Bezug auf Nähe zu uns, der Stern 7ter Grösse von 5 Secunden jährlicher Eigenbewegung, der gewöhnlich der zweite *Argelander*'sche Stern genannt wird. Seine Entfernung beträgt 6 Lichtjahre. Der Stern, welcher unter allen, so viel bis jetzt bekannt, die grösste Eigenbewegung hat, der erste *Argelander*'sche Stern von der 6ten bis 7ten Grösse, hat eine Entfernung von 22 Lichtjahren. Die Entfernung des hellsten Sterns, des Sirius, beträgt 16 Lichtjahre. Der Stern, dessen Entfernung zuerst sicher bestimmt ist, 61 Cygni, hat eine Lichtzeit von 9 Jahren.

Bisher hat man vorzugsweise solche Sterne zu Parallaxen-Untersuchungen ausgewählt, für welche entweder wegen ihres hellen Glanzes, oder wegen ihrer starken Eigenbewegung eine merkliche Parallaxe am wahrscheinlichsten war. Für eine Kenntniss des gestirnten Himmels im Allgemeinen, würde es jedoch ohne Zweifel wichtiger sein, wenn man die durchschnittlichen Entfernungen der Sterne verschiedener Helligkeitsklassen angeben könnte. Mit Hülfe einer solchen Kenntniss würde man auch aus den durch mikrometrische Vergleichungen mit benachbarten Sternen gefundenen relativen Parallaxen-Werthen die absoluten Werthe ableiten können.

Man wird wohl nie dahin gelangen, die durchschnittlichen Parallaxen-Werthe für lichtschwächere Sterne, als die der 1sten und 2ten und vielleicht noch der 3ten Grössenklasse, durch directe Beobachtungen zu bestimmen, sowohl weil die Anzahl der lichtschwächern Sterne so sehr gross ist, als auch weil der Betrag der Parallaxen für directe Beobachtungen zu klein sein wird. Zu einer allgemeinen Bestimmuug der Entfernungen für alle Grössenklassen kann man nur dann gelangen, wenn sich die relativen Entfernungen, die den verschiedenen Helligkeiten der Sterne entsprechen, auf anderem Wege, als durch Parallaxen-Beobachtungen ermitteln lassen. Gegenwärtig bietet sich zu dieser Ermittelung

kein anderes Verfahren dar, als dass man den streng wissenschaftlichen Boden verlässt, und zu Hypothesen seine Zuflucht nimmt.

Die Eintheilung der Sterne in verschiedene Grössenklassen hat schon etwas Unbestimmtes, indem sie nicht auf Messungen der Helligkeiten, sondern auf Ocularschätzungen beruht. Die Astronomen stimmen daher in ihren Grössenangaben auch nicht ganz überein, indess sind die Abweichungen für die Sterne von der 1sten bis zur 9ten Grösse nicht erheblich. Die Helligkeiten der Sterne verschiedener Grössenklassen verhalten sich im Allgemeinen so, dass ein Stern 1ster Grösse dieselbe Helligkeit hat, wie 3 Sterne 2ter Grösse, 8 Sterne 3ter Grösse, 16 Sterne 4ter Grösse, 32 Sterne 5ter Grösse, 64 Sterne 6ter Grösse u. s. w. Bei dem ersten Versuche, der gemacht wurde, die relativen Entfernungen zu bestimmen, wurden zwei Hypothesen aufgestellt. Man nahm an, dass alle Sterne dieselbe absolute Helligkeit haben, und dass sie ganz gleichförmig im Raume vertheilt seien. Es lässt sich leicht nachweisen, dass unter diesen Annahmen, die Halbmesser der Kugeln welche die Sterne 1ster, 2ter, 3ter Grösse etc. einschliessen, sich verhalten wie Cubikwurzeln aus der Anzahl der Sterne 1ster Grösse, 1ster und 2ter Grösse, 1ster, 2ter und 3ter Grösse etc. Für die Mengen der Sterne verschiedener Grössen findet nun das Gesetz statt, dass die Anzahl der Sterne irgend einer Grössenklasse nahezu das Dreifache der Anzahl der Sterne der vorhergehenden Klasse beträgt. Die Inhalte der Kugeln, welche die Sterne der verschiedenen Grössen ganz einschliessen, verhalten sich demnach wie die Zahlen 1, $1+3$, $1+3+9$, $1+3+9+27$ etc., oder wie 1, 4, 13, 40 u. s. w. Die Inhalte derjenigen Kugeln nun, deren Oberflächen die Schichten der Sterne verschiedener Grössen so theilen, dass an beiden Seiten der Oberfläche dieselbe Anzahl von Sternen derselben Grösse ist, verhalten sich wie $\frac{1}{2}$, $1 +$ der Hälfte von 3, $1 + 3 +$ der Hälfte von 9 etc., oder wie 1, 5, 17, 53 etc. Die Cubikwurzeln aus diesen Zahlen geben dann die relativen Entfernungen der verschiedenen Sterne an. Darnach verhalten sich die Entfernungen der Sterne 1ster, 2ter, 3ter, 4ter Grösse etc. wie 1, $1\frac{7}{10}$, $2\frac{6}{10}$, $3\frac{8}{10}$ etc.*)

Die Hypothesen, welche dieser Berechnung zum Grunde liegen,

*) *F. G. W. Struve,* Catalogus novus stellarum duplicium et multiplicium. Dorpati 1827, p. XXXIV.

sind jedoch beide fehlerhaft. Dass die Annahme einer gleichen absoluten Helligkeit aller Sterne unrichtig ist, geht schon aus der verschiedenen Helligkeit zusammengehörender Doppelsterne hervor. Im Allgemeinen werden indess die Sterne um so weiter von uns entfernt sein, je schwächer ihr Glanz ist, denn offenbar müsste jeder Stern, wie seine absolute Helligkeit auch sein mag, uns schwächer erscheinen, wenn er in eine grössere Entfernung versetzt würde. Um zu einer Schätzung der Ungenauigkeit der relativen Distanzen zu gelangen, die aus der Annahme einer gleichen absoluten Helligkeit hervorgeht, habe ich die Mittelwerthe der Entfernungen für die verschiedenen Grössenklassen, unter einer Annahme berechnet, die eine Verschiedenheit der absoluten Helligkeiten darbietet, welche viel grösser sein dürfte, als sie in der Wirklichkeit stattfindet. Ich nahm nämlich an, dass die absoluten Helligkeiten in allen Abstufungen, von einem verschwindend kleinen bis zu irgend einem grössten Werthe, vorkommen, und dass alle Grade dieser Helligkeiten gleich wahrscheinlich seien. Unter dieser Annahme sind die Sterne, welche zu derselben Grössenklasse gehören, in sehr verschiedenen Entfernungen von uns, allein der Mittelwerth der Entfernungen für alle Sterne derselben Grössenklasse ist genau derselbe, als wenn man eine gleiche Helligkeit voraussetzt. Die unter der letztern Annahme berechneten Entfernungen werden demnach nicht erheblich fehlerhaft sein, wenn man sie als Mittelwerthe für die Sterne der einzelnen Grössenklassen ansieht.

Was die Hypothese der gleichförmigen Vertheilung der Sterne im Weltraum anbetrifft, so zeigt schon der Anblick der Milchstrasse dass dieselbe unrichtig ist. Im Allgemeinen erscheinen die Sterne aller Grössenklassen, mit Ausnahme der wenigen Sterne erster Grösse, um so näher beisammen, je weniger entfernt sie von der Milchstrasse sind. Die Ungleichheiten in der Vertheilung mit aller Strenge zu berücksichtigen würde unmöglich sein, allein auf die wesentlichste Abweichung von der Gleichförmigkeit, die in der Verdichtung nach der Milchstrasse besteht, ist bei einer neuen, von *Struve* und mir ausgeführten Berechnung der Entfernungen Rücksicht genommen. Für die Ermittelung des Gesetzes der Vertheilung der Sterne wurden zuvörderst die Beobachtungen benuzt, welche der ältere *Herschel* über die Dichtigkeit angestellt hat, in

welcher uns die Sterne an verschiedenen Stellen des Himmels vereinigt erscheinen. *Herschel* zählte die Zahl der Sterne, welche im Gesichtsfelde eines 20füssigen Teleskops sichtbar waren, sowohl an vielen Stellen der Milchstrasse, als auch in verschiedenen Abständen, nach beiden Seiten derselben. Aus diesen Beobachtungen liess sich eine Formel entwickeln, welche für jeden gegebenen Winkelabstand von der Milchstrasse die scheinbare Dichtigkeit der Sterne angiebt. Nach dieser Formel sind mit dem *Herschel*'schen Teleskop in der Mitte der Milchstrasse 30 mal so viele Sterne gesehen worden, als in den Polen derselben, und etwa $2\frac{1}{2}$ mal so viele, als in den Gegenden des Himmels, die in der Mitte zwischen der Milchstrasse und ihren Polen liegen. Es wurde nun angenommen, dass die Dichtigkeit der Sterne im Weltraum, längs der ganzen Ausdehnung jeder sehr dünnen Schicht, die mit der mittleren Ebene der Milchstrasse parallel ist, constant sei, dass sie sich aber von einer solchen Schicht zur andern verändere. Unter dieser Annahme liess sich eine Formel entwickeln, welche die Dichtigkeit der Sterne, für jeden Abstand von der Ebene, die durch die Mitte der Milchstrasse führt, angiebt. Aus diesen Rechnungen geht hervor, dass die Dichtigkeit der Sterne mit dem Abstande von der mittlern Milchstrassen-Ebene schnell abnimmt. Nennt man den Halbmesser der Kugel, welche alle Sterne einschliesst, die *Herschel* mit seinem 20füssigen Teleskop wahrnehmen konnte, Eins, so sind die Sterne bei einem Abstande von $\frac{1}{10}$ von der mittlern Ebene, nur noch etwa den dritten Theil so dicht beisammen, als in dieser Ebene selbst. Unabhängig von den *Herschel*'schen Beobachtungen liess sich das Gesetz der Abnahme der Dichtigkeit der Sterne mit dem Abstande derselben von der mittleren Milchstrassen-Ebene aus den Dichtigkeiten der Sterne von der 1sten bis zur 8ten Grösse berechnen, welche für verschiedene Abstände von der Milchstrasse die *Bessel*'schen Zonen-Beobachtungen ergeben. Aus den letztern Beobachtungen folgt, dass die Veränderung der Dichtigkeit für die der Hauptebene nahen Schichten, sehr nahe dieselbe ist, für die Entfernung der Sterne 8ter Grösse, wie für die etwa 9 mal grössere Entfernung der schwächsten Sterne, welche *Herschel* gesehen. Mit Hülfe des für die Dichtigkeit der Sterne gefundenen Gesetzes wurden die relativen Entfernungen der Sterne aufs Neue berechnet. Diese weichen von denen, welche unter der Annahme einer

ganz gleichförmigen Vertheilung gefunden waren, noch nicht um den 10ten Theil der gefundenen Distanzen ab. Man kann daher wohl annehmen, dass die unberücksichtigt gebliebenen Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der Sterne und die Bifurcation der Milchstrasse keinen sehr erheblichen Einfluss darauf mehr äussern würden.

Für die allgemeine Entwicklung der Parallaxen, welche den Sternen verschiedener Helligkeiten zukommen, habe ich alle sichern Parallaxenbestimmungen, mit Ausnahme der für die lichtschwächern Sterne von starker Eigenbewegung gefundenen, benutzt, indem ich auch diejenigen, ihrem Gewichte nach hinzuzog, die, wegen der Grösse ihrer wahrscheinlichen Fehler, einzeln zur Ableitung von Entfernungen nicht verwandt werden konnten. Die schwächern Sterne von starker Bewegung, wie 61 Cygni, mussten ausgeschlossen werden, denn diese Sterne sind deshalb für Parallaxenermittelungen ausgewählt, weil ihre starke Bewegung es wahrscheinlich macht, dass sie uns näher sind als andere Sterne von gleicher oder selbst von grösserer Helligkeit.

Jede Parallaxe eines einzelnen Sterns, oder jede Gleichung zwischen den Parallaxen zweier Sterne, gab mir mit Hülfe der relativen Distanzen einen Werth für die Parallaxe eines Sterns 2ter Grösse. Ich wählte diese Grössenklasse, weil sie zwischen denen der Sterne, deren Parallaxen benutzt werden konnten, nahezu in der Mitte liegt. Im Mittel aus allen Bestimmungen erhielt ich für die jährliche Parallaxe eines Sterns 2ter Grösse = 0″116, mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0″014. Unter Benutzung dieses Werthes liessen sich die Mittelwerthe der Parallaxen und der Entfernungen für die übrigen Grössenklassen leicht ableiten. Die mittlere Entfernung der Sterne 1ster Grösse ist darnach 16 Lichtjahre, der Sterne 2ter Grösse 28 Lichtjahre, der Sterne 3ter Grösse 43 Lichtjahre, der Sterne 7ter Grösse, der schwächsten, die ein sehr Weitsichtiger mit unbewaffneten Augen noch wahrnehmen kann, 170 Lichtjahre.

Aus dem, was ich vorzutragen mir erlaubt habe, wird sich übersehen lassen, wie weit unsere Kenntniss, in Betreff der Entfernungen der Fixsterne, gegenwärtig reicht. So mangelhaft dieselbe auch noch ist, so sind doch die in den letzten dreissig Jahren darin gemachten Fortschritte als sehr erheblich anzusehen. Vor-

her kannte man nur unvollkommen die relativen Abstände der Sterne verschiedener Helligkeiten von uns, aber für keinen einzigen Stern den wahren Abstand. Gegenwärtig hat man bereits für mehrere Sterne wirkliche Bestimmungen ihrer Entfernungen, und für die durchschnittlichen Werthe der Entfernungen der Sterne verschiedener Grössen sind auch bereits Werthe ermittelt, die man für sehr genäherte zu halten berechtigt ist. Was von *Bessel* in dieser Beziehung begonnen, und von andern Astronomen fortgeführt ist, wird die Zeit, ohne Zweifel, weiter entwickeln.

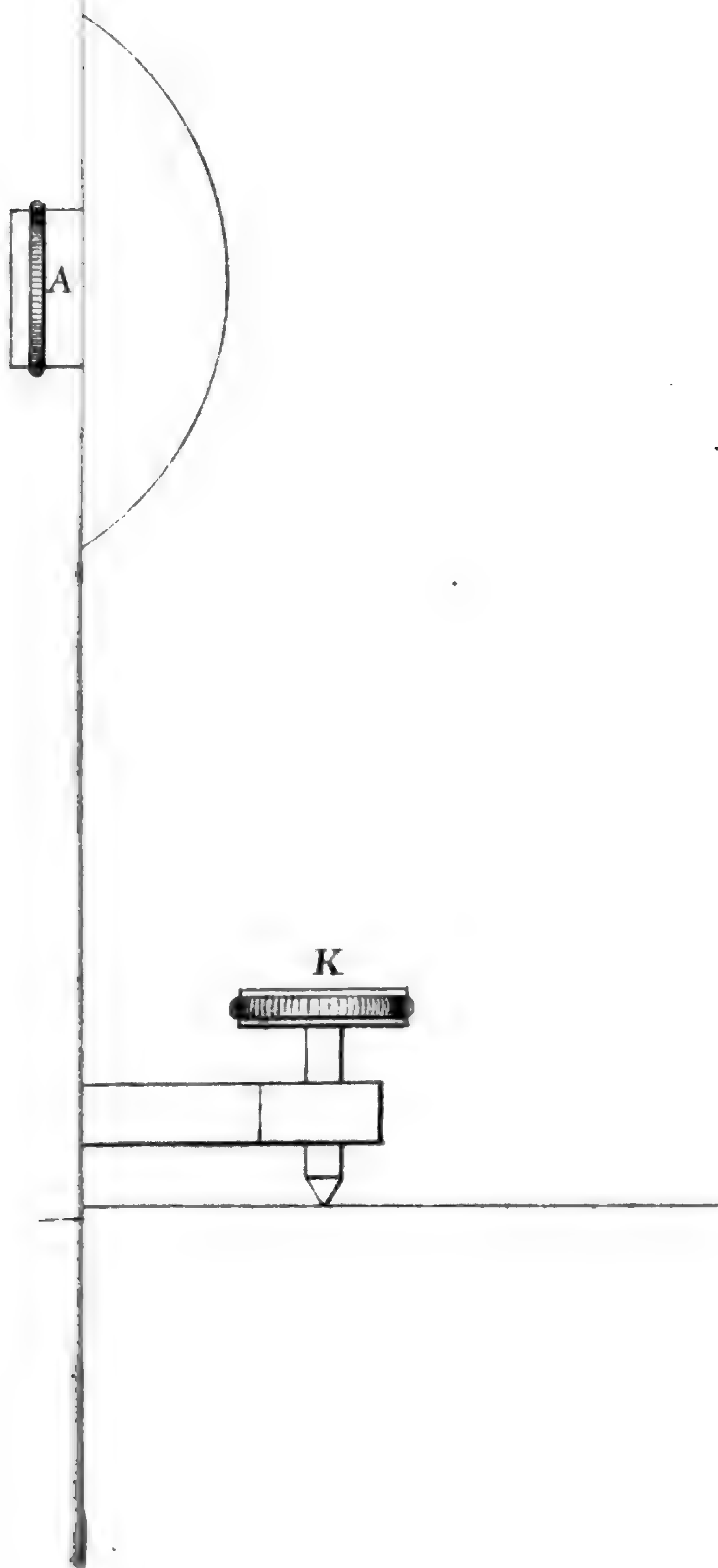
Beschreibung eines kleinen Passage-Instruments,

und

über dessen Gebrauch zu Zeitbestimmungen.

Von *C. F. W. Peters.*

Unter den verschiedenen, im Laufe der Zeiten vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung der für den Astronomen fast bei allen seinen Beobachtungen nothwendigen Kenntniss der Zeit, d. h. des Fehlers seiner Uhr, hat sich bei dem Liebhaber der Astronomie lange Zeit die Beobachtung correspondirender Sonnenhöhen mit Hülfe von Sextanten im Ansehen erhalten, besonders wegen der Einfachheit der Reduction derselben, dann aber auch wohl deshalb weil die Art und Weise, wie durch eine solche Beobachtung der Uhrstand sich ergeben muss, überaus leicht ersichtlich ist. Die sonst vorgeschlagenen Instrumente, durch die nicht die Höhe, sondern der Durchgang eines Gestirns durch den Meridian gemessen wird, wie z. B. das Dipleidoskop von *Dent*, und *Steinheil*'s Passage-Prisma, sind indessen, sowohl was die Einfachheit der Anwendung, wenn sie einmal richtig aufgestellt sind, als auch was die Billigkeit ihrer Anschaffung anbetrifft, auf dem festen Lande den Sextanten vorzuziehen, doch steht anderseits bei diesen Instrumenten die Genauigkeit der durch sie gewonnenen Resultate zu den Kosten der Herstellung in keinem richtigen Verhältniss. Der Astronom von Fach bedient sich zum Behuf der Zeitbestimmung fast ausschliesslich des Passage-Instrumentes, und sobald dieses nur zu einem billigeren Preise, als bisher, hergestellt werden kann, so werden gewiss auch die Dilettanten dieses Instrument den übrigen vorher genannten vorziehen, zumal da es auch zu andern sehr wichtigen Beobachtungen, wie z. B. zur Bestimmung der Polhöhe eines Orts, mit grossem Vortheile angewandt werden kann. Wir werden in


K
A

Folgendem eine kurze Beschreibung und Erläuterung des Gebrauchs eines kleinen Passage-Instrumentes geben, wie Herr *Lohmeier* in Hamburg, ein durch die Ausführung vorzüglicher Arbeiten schon mehrfach bekannt gewordener Mechaniker, dieselben zum Preise von 30 Thalern herstellt.

An dem Objectivende eines kleinen Fernrohrs *AB* (Fig. 1) von 3 Zoll Länge ist ein Prisma dergestalt angebracht, dass ein in das Fernrohr senkrecht auf die Mitte der äussern Fläche des Objectivs fallender Lichtstrahl rechtwinklig nach dem Ocular hin reflectirt wird. In dem Brennpunkte des Objectivs befindet sich ein Netz von fünf Spinnefäden innerhalb eines Ringes, der durch aussen am Fernrohre befindliche Knöpfchen in seiner Lage etwas verschoben und dadurch das Fadennetz gedreht werden kann. Von den Fäden sind zwei so aufgespannt, dass sie nahezu in der Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohrs, in geringem Abstande von einander, horizontal erscheinen, wenn ihre Mitte auf einen am Horizonte sichtbaren Gegenstand eingestellt wird. Die übrigen drei sind in nahezu gleichen Abständen von einander senkrecht zu diesen, so dass der mittlere von ihnen auch durch die Mitte des Gesichtsfeldes geht. Um des Nachts das Gesichtsfeld zu erhellen, damit die Fäden sichtbar werden, wird ein metallener Ring *fg* vor das Prisma gestellt, der nur einen kleinen Theil des letztern verdeckt, und dessen, dem Prisma zugekehrte polirte Fläche, das Licht von einer in der Verlängerung von *AB* aufgestellten Lampe in das Fernrohr reflectirt. Auf der Mitte des Fernrohrs befindet sich ein in ganze Grade eingetheilter Kreis *CD*, und ungefähr einen Zoll von diesem nach beiden Seiten entfernt sind zwei genau rund gedrehte und einander gleiche Ringe *ab*, *a'b'* von Glockenmetall angebracht, mit welchen das Rohr auf zwei gabelförmig ausgeschliffenen messingenen Lagern *cde* des Stativs aufliegt (Figur 2). Diese Arme sind etwas weiter unten so durchbohrt, dass eine Loupe *FG* dadurch gesteckt werden kann, durch welche die Theilung des Kreises *CD* und zugleich ein Index *E* deutlich gesehen wird. Der Index befindet sich auf beiden Seiten des Kreises, die Theilung dagegen nur auf der dem Oculare zugewandten Seite. Das Stativ des Instrumentes ist so eingerichtet, das der obere Theil desselben bei *HJ* um den Fuss gedreht, und durch Anziehung der Klemmschraube *H* damit fest verbunden werden kann,

dass sich alsdann aber durch Drehung der Mikrometerschraube *J* noch eine feine Bewegung in demselben Sinne hervorbringen lässt. Der untere Theil des Stativs besteht aus drei Füssen, die gleiche Winkel mit einander bilden und die mittelst dreier Schrauben *K* in verschiedene Höhe gestellt werden können. Endlich ist noch mit dem Instrument ein Niveau verbunden, das auf die Zapfen *a a'* aufgesetzt werden kann, wie Figur 1 und 2 zeigen.

Wenn die Schraube *H* fest angezogen ist, so kann das Fernrohr offenbar nur um die Zapfen *a b*, *a' b'* bewegt werden, und die über das Objectiv hinaus verlängerte optische Achse beschreibt dann einen grössten Kreis am Himmel, vorausgesetzt nämlich, dass ein von der Mitte des Fadenkreuzes auf den optischen Mittelpunkt des Objectivs fallender Lichtstrahl rechtwinklig zur Drehungsachse des Fernrohrs durch das Prisma gebrochen wird. Um dieses zu erkennen, stellt man das Fernrohr auf einen entfernten terrestrischen Gegenstand oder besser noch auf den Polarstern zu der Zeit, wenn seine Aenderung im Azimuth am geringsten ist, also etwa 6 Stunden vor oder nach seinem Durchgange durch den Meridian, so ein, dass dieser genau in der Mitte des Fadensystems erscheint. Die Einstellung wird in der Weise ausgeführt, dass man die Mitte des Fadennetzes zuerst bei gelöster Klemmschraube *(H)* nahezu, und nachdem *H* angezogen worden, mittelst der Mikrometerschraube *J*, in aller Schärfe auf den Gegenstand bringt. Alsdann wird das Fadennetz zuvörderst so berichtigt, dass der zwischen den beiden Horizontalfäden vom mittleren Verticalfaden bissecirte Gegenstand, diesen Verticalfaden nicht verlässt, wenn das Fernrohr in den Lagern gedreht wird; hierauf hebt man das Fernrohr vorsichtig aus den Lagern und legt es so wieder hinein, dass das Ocular wenn es vorhin westlich stand, nach Osten kommt und umgekehrt. Darauf wird das Fernrohr, ohne dass die Schraube *H* gelöst wird, so lange in den Lagern gedreht, bis der vorhin gesehene Gegenstand mitten zwischen den horizontalen Fäden sich befindet. Wird er dann auch wieder von dem mittlern Verticalfaden bissecirt, so ist keine weitere Correction des Prismas erforderlich. Steht er aber seitwärts, so ist die Schraube *M* so lange zu drehen, bis die Distanz vom Mittelfaden auf die Hälfte reducirt ist. Alsdann wird die Mitte des Fadennetzes wieder wie vorhin auf den Gegenstand gebracht, darauf das Umlegen wiederholt und

ein etwaiger Rest des Fehlers auf die angegebene Weise weggeschafft.

Ist das Instrument zum Beobachten an einem passenden Orte aufgestellt, so ist vor Allem nöthig, dass das Fernrohr horizontal gestellt wird. Die Aufstellung geschieht am besten in der Weise, dass zwei Füsse die Richtung von Ost nach West haben. Dann wird die Schraube *H* gelöset, das Rohr nahezu in die Richtung von Norden nach Süden gebracht und das Niveau auf die Ringe *ab*, *a'b'* gesetzt. Ist die Blase des Niveaus jetzt nicht in der Mitte, so wird sie durch Drehen der Fussschrauben hineingebracht und das Niveau, bei unverrücktem Stande des Instruments, umgesetzt, so dass der Fuss desselben, der früher nach Süden war, nach Norden kommt. Befindet sich die Blase jetzt seitwärts, so wird ihre Entfernung von der Mitte, durch Drehen der kleinen Schraube *g* um die Hälfte vermindert, und die andere Hälfte am Fuss des Instruments corrigirt. Durch Wiederholung dieses Verfahrens wird das Rohr bald vollständig in dieser Richtung nivellirt sein. Alsdann bringt man es in die Richtung von Ost nach West, und corrigirt die Neigung an der östlichen und westlichen Fussschraube.

Sobald das Instrument wegen des Fehlers des Prismas und der Neigung corrigirt ist, kann die eigentliche Beobachtung beginnen. Zu diesem Zwecke ist es nothwendig, die oben erwähnte Ebene, welche die über das Objectiv hinaus verlängerte optische Achse beschreibt, in den Meridian zu bringen, oder das Fernrohr genau in die Richtung von Osten nach Westen zu stellen. Es ist noch zu bemerken, dass bei allen Bewegungen des Instruments, die Füsse desselben unverrückt bleiben müssen.

Man berechnet sich auf eine weiter unten angegebene Weise die Zeit, zu der ein Stern von geringer Declination (etwa bis 10 Grad nördlich oder südlich) den Meridian passirt. Ein paar Minuten vor dieser Meridianpassage wird er am Höhenkreise eingestellt und darauf das Fernrohr im Azimuth so lange gedreht, bis er im Gesichtsfelde erscheint. Nach Anziehung der Klemmschraube wird das Azimuth des Instruments durch die Mikrometerschraube *J* so berichtigt, dass der Stern zur berechneten Zeit am Mittelfaden ist. Alsdann berechnet man sich für einen Stern, der nahe dem Zenith durch den Meridian geht, ebenfalls die Zeit der Culmination, und

notirt sich, bei unverrückter Stellung des Azimuths des Instruments, die Zeit des Durchgangs durch den Mittelfaden. Der Beobachter wird durch Uebung bald dahin kommen noch Theile einer Secunde zu schätzen. Die letztere beobachtete Zeit, abgezogen von der berechneten, giebt einen genäherten Werth für den Fehler der Uhr, mit dessen Berücksichtigung wieder die Zeit der Culmination für einen südlichen Stern berechnet und durch Drehung des Instruments, mittelst der Mikrometerschraube J, sein Durchgang durch den Mittelfaden für diese Zeit bewirkt wird. Auf diese Weise wird das Verfahren so lange wiederholt, bis hohe und niedrige Sterne dieselbe Uhrcorrection ergeben, welche alsdann als die richtige angenommen werden kann. Dieses Verfahren gilt für den Fall, dass der Beobachter nicht Gelegenheit hat, zugleich nach Norden und Süden hin zu beobachten; hat er diese, so wird die Beobachtung bedeutend vereinfacht. In letzterm Falle wird für einen Circumpolarstern (für den Polarstern, δ Ursae minoris oder β Ursae minoris) die Durchgangszeit durch den Meridian berechnet und für diese Zeit sein Durchgang durch den Mittelfaden bewirkt; darauf wird ein Fundamentalstern, dessen Declination 60 Grad nicht übersteigt, beobachtet und die Abweichung der beobachteten von der berechneten Meridian-Passage als Uhrcorrection benutzt. Hierauf wird wieder an einem Circumpolarstern das Azimuth corrigirt und dann wieder ein Fundamentalstern beobachtet. Die Abweichung dieses letzten Durchganges von dem berechneten ist fast immer als Uhrcorrection anzusehen, und nur für den Fall, dass der anfänglich dafür angenommene Werth bedeutend fehlerhaft gewesen, würde noch eine Wiederholung der Beobachtung nothwendig sein.

Viel einfacher wird das Beobachtungsverfahren, wenn es mit einer kleinen Rechnung verbunden wird. Nachdem nämlich in der vorhin angegebenen Weise ein Stern zu der angenommenen Zeit seiner Culmination auf den Mittelfaden gebracht ist, beobachtet man die Durchgangszeit eines zweiten Sterns, auf welchen ein Fehler im Azimuth einen geringern Einfluss hat als auf den ersten, nimmt dann für beide Sterne, mit der Breite des Beobachtungsorts als Argument, aus der am Schlusse dieses Aufsatzes gegebenen Tafel die für die Azimuthal-Coefficienten angesetzten Werthe, und bestimmt das Azimuth so, dass beide Sterne dieselbe Uhrcorrection geben. Nur in dem Falle, wenn man anfänglich den Uhrfehler

bedeutend falsch angenommen hat, wird die Beobachtung an einem zweiten Sternpaare wiederholt werden müssen.

Wir kommen jetzt auf die Art und Weise, wie ein Stern in das Gesichtsfeld gebracht und die Zeit seines Meridiandurchganges gefunden wird. Es wird vorausgesetzt, dass der Beobachter das Berliner astronomische Jahrbuch für das betreffende Jahr zur Hand hat, aus welchem alle zur Beobachtung nöthigen Daten entnommen werden können.

Die Theilung des Einstellungskreises wird am bequemsten so sein, dass der Index, in der einen Lage des Fernrohrs, nach Süden Zenithdistanzen, nach Norden 360°—Zenithdistanzen, oder was dasselbe ist, 270° + Höhe angiebt. Da die Declinationen der Hauptsterne aus dem Berliner Jahrbuch entnommen und demnach als bekannt vorausgesetzt werden können, so wird die Einstellung,

in der einen Lage des Fernrohrs:

Stern südlich vom Zenith : Polhöhe — Declination,
Stern nördlich vom Zenith : 360° + Polhöhe — Declination,

in der andern Lage des Fernrohrs:

Stern südlich vom Zenith : 360° — Polhöhe + Declination,
Stern nördlich vom Zenith : Declination — Polhöhe.

Diese Vorschriften gelten auch für untere Culminationen, wenn man bei diesen die Declination nur durch den Pol hindurch rechnet, also 180°— Declination anstatt der Declination setzt.

Ehe wir zur Berechnung der mittlern Zeit der Culmination eines Sterns übergehen, verweilen wir bei folgender Betrachtung.

Die irgend einem Zeitmomente entsprechende Sternzeit, ist der in Zeit ausgedrückte Bogen des Aequators, der in demselben Augenblicke zwischen dem Meridiane und dem nach Westen davon gerechneten Frühlingspunkte liegt. Denkt man sich von einem Sterne den Bogen eines grössten Kreises senkrecht zum Aequator, so ist der Bogen zwischen dem Fusspunkte dieses Perpendikels und dem gleichfalls westlich davon gerechneten Frühlingspunkt die Rectascension (AR) des Sterns. In dem Augenblick also, wo ein Stern den Meridian in der obern Culmination passirt, ist seine Rectascension gleich der Sternzeit, (in der untern Culmination ist die Rectascension um 12 Stunden von der Sternzeit verschieden) und da die Rectascension der Hauptsterne für die Zeiten ihrer

Culmination aus dem Berliner Jahrbuche entnommen werden können, so ist dadurch die Sternzeit bekannt, zu welcher ein jeder dieser Sterne culminirt, und es ist demnach nur noch nothwendig, falls man keine Uhr besitzt, die Sternzeit zeigt, die Sternzeit in mittlere Zeit zu verwandeln. Dazu dienen die Tafeln I. und II., Seite 281 und 282 des Berliner Jahrbuchs und die Angaben der Sternzeit im mittlern Berliner Mittag, die man in der Sonnenephemeride des Jahrbuchs für jeden Tag angegeben findet. An die letztere Zeit ist zuvörderst eine Correction anzubringen, um die Sternzeit im mittlern Mittage des Beobachtungsortes zu erhalten. Man erhält diese Correction, wenn man für die in Zeit ausgedrückte Längendifferenz des Orts von Berlin, als mittlere Zeit, nach Tafel I., Seite 281 des Berliner Jahrbuchs die entsprechende Sternzeit sucht, und von dieser die Längendifferenz subtrahirt. Die Correction ist für Orte westlich von Berlin positiv, für Orte östlich von Berlin negativ, und hat für denselben Ort einen unveränderlichen Werth. Subtrahirt man von der Rectascension des Sterns die corrigirte Sternzeit im mittlern Mittag, und verwandelt man den Ueberschuss mittelst der Tafel II., Seite 282 des Berliner Jahrbuchs, in mittlere Zeit, so erhält man die mittlere Zeit der Culmination des Sterns.

Zur Erläuterung des ganzen Beobachtungsverfahrens sei hier ein vollständiges Beispiel angegeben.

Der Beobachtungsort habe die Polhöhe $+53^\circ 32' 45''$ und liege $27^\circ 36' 18''$ östlich von Ferro, oder $3^\circ 27' 12'' = 0^h 13^m 48^s 8$ westlich von Berlin. Der Beobachtungstag sei 1866, Februar 17.

Für den Längenunterschied $0^h 13^m 48^s 8$ findet man aus der Tafel I., Seite 281 des Berliner Jahrbuchs, die entsprechende Sternzeit $0^h 13^m 51^s 1$. Der Unterschied von $2^s 3$ zwischen dieser Zeit und der Längendifferenz ist die constante Correction, welche an die Sternzeit im mittlern Berliner Mittag anzubringen ist, um die dem Beobachtungsorte entsprechende Sternzeit im Mittage zu bekommen, und diese Correction ist hier positiv, da der Ort westlich von Berlin liegt.

Zum Behufe der Beobachtung sollen die Durchgangszeiten von α Ceti und α Persei in der obern Culmination und von δ Ursae minoris in der untern Culmination berechnet werden. Die Rechnung steht dann, wie folgt:

		α Ceti		α Persei		δ Ursae minoris untere Culmination
AR für den Beobachtungstag		$2^h 55^m 17^s 1$		$3^h 14^m 47^s 5$	AR -12^h..	$6^h 15^m 16^s 9$
Sternzeit im mittlern Berliner Mittag		21 48 47,5		21 48 47,5		21 48 47,5
Correction für $13^m 48^s 8$ westliche Länge		+ 2,3		+ 2,3		+ 2,3
Sternzeit im mittlern Mittag		21 48 49,8		21 48 49,8		21 48 49,8
Seit dem Mittage verflossene Sternzeit		5 6 27,3		5 25 57,7		8 26 27,1
Nach Tafel II., Seite 282	5^h .	$4^h 59^m 10^s 9$	5^h .	$4^h 59^m 10^s 9$	8^h ...	$7^h 58^m 41^s 4$
	6^m .	5 59,0	25^m .	24 55,9	26^m ...	25 55,7
	$27^s 3$	27,2	$57^s 7$	57,4	$27^s 1$	27,0
Mittlere Zeit der Culmination		$5^h 5^m 37^s 1$		$5^h 25^m 4^s 2$		$8^h 25^m 4^s 1$

Der Kreis möge, bei Ocular Ost, Zenithdistanzen angeben, dann ist:

Polhöhe = 53°33′

Declination von α Ceti = + 3 34

also Einstellung = 49°59′ = 50°0.

Gegen 5 Uhr wurde α Ceti eingestellt und bei fortwährender Zählung der Secunden der Uhr, zwischen den beiden Horizontalfäden, durch Drehung der Schraube *J*, auf dem mittlern Verticalfaden gehalten. Um $5^h 5^m 37^s$ blieb das Fernrohr stehen. Hierauf wurde die Höhe von α Persei eingestellt und sein Durchgang durch den Mittelfaden beobachtet, $5^h 21^m 9^s 1$. Aus der Tafel findet man für die Polhöhe 53°33′ den Azimuthal-Coefficienten für α Ceti, $= +0{,}77$, für α Persei, $= +0{,}11$. Nennt man nun die Uhrcorrection $= u$, das Azimuth des Instruments $= a$, so ist

$$5^h\ 5^m37^s \quad +u+0{,}77\ a = 5^h\ 5^m37^s1$$
$$5\ 21\ \ 9{,}1 \quad +u+0{,}11\ a = 5\ 25\ \ 4{,}2$$

oder

$$u+0{,}77\ a = +\ \ 0^s1$$
$$u+0{,}11\ a = +3^m55{,}1$$

folglich $0{,}66\ a = -\ 3^m55^s0 = -\ 235^s$.

Hieraus folgt $a = -356^s1$,

und u oder die Uhrcorrection $= -4^m34^s3$, die Uhr zeigt als 4^m34^s3 zu viel.

Unter Berücksichtigung der gefundenen Uhrcorrection wird an einem später culminirenden Stern, also hier etwa an δ Ursae minoris in der untern Culmination, das Azimuth so berichtigt, dass die berechnete mittlere Zeit der Meridian-Passage mit der beobachteten Zeit übereinstimmt.

Nachdem das Azimuth berichtigt worden, bemerkt man sich einen entfernten terrestrischen Gegenstand, auf welchen der mittlere Verticalfaden alsdann gerichtet ist. Es ist vortheilhaft die Stellung des Primas und das Azimuth des Instruments durch Einstellungen auf diesen Gegenstand, sowie die Neigung des Fernrohrs mit Hülfe des Niveaus, von Zeit zu Zeit zu berichtigen. Wenn kein passendes Meridianzeichen vorhanden ist, so geschieht die Prüfung und Berichtigung des Azimuths in der vorhin angegebenen Weise, durch Beobachtung von Sternen verschiedener Declinationen. Zu der Prüfung und etwaigen Berichtigung der Stellung des Prismas können auch die beiden seitlichen Verticalfäden mit Vortheil benutzt werden. Man beobachtet nämlich, bei unverändertem Stande des Instruments, die Zeiten des Durchganges des Polarsterns durch die drei Verticalfäden. An einem darauf folgenden Tage beobachtet man die Durchgangszeit desselben Sterns durch den ersten Verticalfaden, legt darauf das Fernrohr mit Vorsicht in den Lagern um, so dass dasjenige Ende desselben welches vorhin nach Osten gerichtet gewesen, nach Westen kommt, dann muss, wenn das Prisma richtig gestellt ist, die Zeit, welche der Polarstern gebraucht um von dem ersten Faden in der ersten Lage zu demselben Faden in der zweiten Lage (welcher alsdann als dritter Faden erscheint) zu gelangen, der doppelten Zeit gleich sein, welche an dem frühern Tage von dem ersten Faden bis zum Mittelfaden verfloss.

Wenn das Instrument in allen Theilen berichtigt ist, so erhält

man die Uhrcorrection am einfachsten durch die Beobachtung des Meridian-Durchganges der Sonne. Nachdem nämlich das zu den Sonnenbeobachtungen erforderliche Blendglas vor das Ocular gesteckt ist, observirt man die Durchgangszeiten sowohl des ersten als des zweiten Sonnenrandes durch den mittlern Verticalfaden. Das Mittel aus diesen beiden Zeiten ist die Uhrzeit im wahren Mittag. Vergleicht man hiermit die mittlere Zeit im wahren Mittag, welche der erste Abschnitt des Berliner Jahrbuchs für jeden Tag giebt, so erhält man den Fehler der Uhr. Es sei z. B. an dem vorhin genannten Ort, der $13^m 48^s 8$ westlich von Berlin liegt, am 3. März 1866, die Durchgangszeit des ersten Sonnenrundes um $12^h 11^m 2^s$, die des zweiten Sonnenrundes um $12^h 13^m 11^s$ observirt, so ist die Uhrzeit im wahren Mittag

$$= \tfrac{1}{2}(12^h 11^m 2^s + 12^h 13^m 11^s) = 12^h 12^m 6^s 5.$$

Nun ist nach dem Berliner Jahrbuch am 3. März 1866 die mittlere Zeit im wahren Berliner Mittag $= 12^h 12^m 10^s 11$. Hieran ist noch eine kleine Correction zu bringen, wegen des Längenunterschiedes von Berlin. Da der Beobachtungsort westlich von Berlin liegt, so gilt die anzuwendende Zeitgleichung für eine um $13^m 48^s 8$ spätere Zeit als die für Berlin. Aus dem Jahrbuch ersieht man, dass die Zeitgleichung vom 3ten bis zum 4ten März um $13^s 21$ abnimmt. Man erhält daher die erforderliche Correction durch die Proportion $24^h : 0^h 13^m 48^s 8 = 13^s 21$: Correction, die hiernach $= -0^s 13$ ist. Die mittlere Zeit im wahren Mittag ist demnach

$$= 12^h 12^m 10^s 11 - 0^s 13$$
$$= 12^h 12^m 10^s 0;$$

da nun die Uhr $12^h 12^m 6^s 5$ dafür gegeben hat, so zeigt diese also $3^s 5$ zu wenig.

Im Vorhergehenden ist vorausgesetzt worden, dass die Lage des Prismas (der Fehler der optischen Achse) und die Neigung des Fernrohrs so scharf berichtigt werden, dass die in dieser Beziehung noch nachbleibenden Fehler unberüchsichtigt bleiben können. Bei sorgfältiger Berichtigung der genannten Fehler, wird die Uhrcorrection, welche man auf solche Weise erhält, derjenigen, die man durch correspondirende Sonnenhöhe erhalten kann, an Genauigkeit nicht nachstehen. Wird eine grössere Schärfe verlangt, so sind die nachbleibenden Fehler des Instruments, zu denen auch noch ein etwaiger Unterschied in der Dicke der Zapfen *ab*

und $a' b'$ zu zählen ist, durch geeignete Beobachtungsmethoden zu bestimmen, und für die Zeitbestimmung zu eliminiren oder in Rechnung zu bringen. Da jedoch ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand hier zu weit führen würde, so verweise ich auf die praktische Astronomie von *Sawitsch*, in welcher der Gebrauch des Passage-Instruments in grösster Ausführlichkeit abgehandelt ist.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch der Anwendung des Passagen-Instruments zur Polhöhenbestimmung in wenigen Worten zu erwähnen. Es ist für diesen Zweck erforderlich, dass die durch das Prisma verlängerte optische Achse sich beim Drehen des Fernrohrs in seinen Lagern in einer Verticalebene bewegt, die senkrecht zu der Ebene des Meridians ist, so dass also das Fernrohr die Richtung von Süd nach Nord hat. Um dieses zu erlangen, berechnet man für einen Stern, der eine mit der Polhöhe gleichnahmige Declination von wenigen Graden hat, unter Annahme eines genäherten Werthes der Polhöhe, die Zeit des Durchganges durch den ersten Vertical, und berichtigt das sorgfältig nivellirte Instrument dergestalt, das die beobachtete Zeit des Durchganges des Sterns durch die Mitte des Fadennetzes mit der berechneten Zeit des Durchgangs durch den ersten Vertical übereinstimmt. Es ist hierbei erforderlich, dass man die Uhrcorrection vorher durch Beobachtungen von Meridianpassagen scharf ermittelt hat. Wenn das Instrument auf die angegebene Weise in den ersten Vertical gebracht ist, so wählt man zur Bestimmung der Polhöhe einen Fundamentalstern, dessen Declination mit der Polhöhe gleichnamig, jedoch ein wenig kleiner als letztere ist. Je kleiner diese Differenz ist, um so geringeren Einfluss haben die Beobachtungsfehler auf die abgeleitete Polhöhe. Man beobachtet nun die Zeiten des Durchganges des Sterns durch die Mitte des Fadennetzes sowohl östlich als westlich vom Meridian. Die Hälfte dieser Zwischenzeit verwandelt man, wenn an einer Uhr beobachtet worden, die mittlere Zeit angiebt, mittelst der Tafel II., Seite 282 im Berliner Jahrbuch, in Sternzeit, und darauf durch Multiplication mit 15 in Bogen, so erhält man den Winkel, welchen der Declinationskreis vom Pole zum Sterne, wenn dieser den ersten Vertical passirt, mit dem Meridian bildet. In einem rechtwinklichten sphärischen Dreieck, worin die Hypothenuse $= 90^{\circ}$ — Decl. des Sterns, und ein Winkel dem so eben erwähnten gleich ist, berechnet man die

diesem Winkel anliegende Kathete. Diese von 90° abgezogen giebt die Polhöhe. Man erhält alsdann die Polhöhe mit einer grössern Sicherheit, als mittelst eines Sextanten, und zwar durch ein äusserst einfaches Beobachtungsverfahren, welches sich insbesondere noch dadurch empfiehlt, dass bei den Observationen keine Refraction zu berücksichtigen ist, mithin auch keine meteorologischen Instrumente abzulesen sind. Eine Anleitung, wie die nach der Berichtigung des Instruments noch übrig gebliebenen Fehler zu bestimmen und in Rechnung zu bringen oder zu eliminiren sind, findet man gleichfalls in der schon erwähnten praktischen Astronomie von *Sawitsch.*

Tafel der Azimuthal-Coefficienten für die Fundamental-Sterne.

	Polhöhe					
	40°	44°	48°	52°	56°	60°
α Andromedae	+0,23	+0,31	+0,38	+0,46	+0,53	+0,60
γ Pegasi	+0,45	+0,51	+0,57	+0,63	+0,68	+0,74
α Cassiopeae, obere Culmination	—0,48	—0,36	—0,24	—0,12	+0,01	+0,13
α Cassiopeae, untere Culmination	+1,77	+1,75	+1,73	+1,69	+1,66	+1,60
α Arietis	+0,32	+0,39	+0,46	+0,53	+0,59	+0,66
α Ceti	+0,60	+0,65	+0,70	+0,75	+0,79	+0,84
α Persei, obere Culm.	—0,25	—0,14	—0,04	+0,07	+0,18	+0,28
„ untere Culm.	+1,54	+1,53	+1,52	+1,51	+1,48	+1,45
α Tauri	+0,42	+0,49	+0,55	+0,61	+0,67	+0,72
α Aurigae	—0,15	—0,05	+0,05	+0,15	+0,25	+0,35
β Orionis	+0,75	+0,80	+0,84	+0,88	+0,91	+0,94
β Tauri	+0,23	+0,31	+0,38	+0,45	+0,53	+0,60
α Orionis	+0,54	+0,60	+0,66	+0,71	+0,76	+0,80
α Canis majoris	+0,87	+0,91	+0,94	+0,97	+0,99	+1,01
α Geminorum	+0,16	+0,24	+0,32	+0,40	+0,48	+0,55
α Canis minoris	+0,57	+0,63	+0,68	+0,73	+0,77	+0,82
β Geminorum	+0,23	+0,31	+0,38	+0,45	+0,53	+0,60

	Polhöhe 40°	44°	48°	52°	56°	60°
α Hydrae	+0,75	+0,80	+0,84	+0,87	+0,90	+0,94
α Leonis	+0,47	+0,53	+0,59	+0,66	+0,70	+0,75
α Ursae majoris, obere Culm.	—0,83	—0,69	—0,54	—0,39	—0,25	—0,09
α Ursae majoris, unt. Culm.	+2,12	+2,08	+2,03	+1,97	+1,90	+1,82
β Leonis	+0,43	+0,50	+0,56	+0,62	+0,68	+0,73
β Virginis	+0,61	+0,66	+0,71	+0,76	+0,80	+0,84
γ Ursae majoris, ober. Culm.	—0,43	—0,31	—0,19	—0,07	+0,05	+0,17
γ Ursae majoris, unt. Culm.	+1,72	+1,70	+1,67	+1,64	+1,60	+1,56
α Virginis	+0,78	+0,83	+0,87	+0,90	+0,93	+0,96
η Ursae majoris, obere Culm.	—0,27	—0,16	—0,05	+0,06	+0,16	+0,27
η Ursae majoris, untere Culm.	+1,56	+1,55	+1,54	+1,52	+1,50	+1,46
α Bootis	+0,37	+0,44	+0,50	+0,57	+0,63	+0,69
α Librae	+0,85	+0,89	+0,93	+0,96	+0,98	+1,00
β Ursae minoris, obere Culm.	—2,16	—1,93	—1,70	—1,46	—1,21	—0,96
β Ursae minoris, unt. Culm.	+3,45	+3,32	+3,19	+3,04	+2,87	+2,69
α Coronae	+0,25	+0,33	+0,40	+0,47	+0,54	+0,61
α Serpentis	+0,55	+0,61	+0,66	+0,71	+0,76	+0,81
α Scorpii	+1,02	+1,05	+1,07	+1,09	+1,10	+1,11
α Herculis	+0,44	+0,51	+0,57	+0,63	+0,68	+0,74
α Ophiuchi	+0,47	+0,53	+0,59	+0,65	+0,70	+0,75
γ Draconis, ob. Culm.	—0,32	—0,21	—0,10	+0,01	+0,13	+0,24
„ unt. Culm.	+1,61	+1,60	+1,59	+1,57	+1,53	+1,49
α Lyrae	+0,03	+0,12	+0,21	+0,30	+0,38	+0,47
γ Aquilae	+0,50	+0,56	+0,62	+0,67	+0,73	+0,78
α Aquilae	+0,53	+0,59	+0,64	+0,69	+0,75	+0,79
β Aquilae	+0,56	+0,62	+0,67	+0,72	+0,77	+0,81
α Capricorni	+0,82	+0,86	+0,90	+0,93	+0,95	+0,98
α Cygni	—0,12	—0,01	+0,08	+0,18	+0,27	+0,37

	Polhöhe 40°	44°	48°	52°	56°	60°
α Cephei, ob. C.	— 0,80	— 0,66	— 0,52	— 0,37	— 0,23	— 0,07
α Cephei, unt. C.	+ 2,09	+ 2,05	+ 2,01	+ 1,95	+ 1,89	+ 1,80
β Cephei, ob. C.	— 1,46	— 1,28	— 1,09	— 0,90	— 0,71	— 0,51
„ unt. C.	+ 2,75	+ 2,67	+ 2,58	+ 2,48	+ 2,37	+ 2,24
α Aquarii	+ 0,66	+ 0,71	+ 0,75	+ 0,80	+ 0,83	+ 0,87
α Piscis austr.	+ 1,09	+ 1,11	+ 1,14	+ 1,15	+ 1,15	+ 1,17
α Pegasi	+ 0,45	+ 0,51	+ 0,57	+ 0,63	+ 0,69	+ 0,74
α Urs. min. (1866) obere Culm.	—30,70	—28,74	—26,64	—24,40	—22,05	—19,59
α Urs. min. (1876) obere Culm.	—31,86	—29,83	—27,65	—25,44	—22,90	—20,35
α Urs. min. (1866) unt. Culm.	+31,99	+30,13	+28,12	+25,98	+23,71	+21,33
α Urs. min. (1867) unt. Culm.	+33,15	+31,22	+29,14	+26,92	+24,56	+22,08
δ Ursae. minor., obere Culm.	—12,25	—11,41	—10,52	— 9,58	— 8,58	— 7,55
α Ursae minor., untere Culm.	+13,54	+12,80	+12,01	+11,15	+10,24	+ 9,28

Gedanken über etwaige Veränderungen in der Stellung der Erdaxe in Beziehung auf die Erde selbst.

Mädler sagt in einem Aufsatz über die Weltstellung der Körper unseres Sonnensystems in *Schumacher*'s Jahrbuch für 1840:

„Die sorgfältigsten und auf den verschiedensten Wegen ge„führten Untersuchungen haben uns gelehrt, dass die Erdaxe, in „Bezug auf die Erde selbst, unverändert dieselbe war und für alle „Zeiten bleiben muss. Der Aequator und die Pole nahmen also „zu allen Zeiten vollkommen genau dieselben Punkte auf der Erd„fläche ein, die sie jetzt einnehmen und immerfort einnehmen „werden."

Diese Behauptung mag als wohlbegründet gelten für die Vergangenheit, seitdem die Erdoberfläche im Wesentlichen ihre jetzige Gestalt angenommen hat, und wenigstens annähernd auch für die Zukunft; wie denn namentlich für die Zukunft *Bessel* in den Astronomischen Nachrichten nachgewiesen hat, dass Alles, was die Kräfte der Menschen in Jahrhunderten auf der Erde verändern können, keinen messbaren Einfluss auf die Lage der Erdaxe haben würde. Auch hat *Peters* in seinen sorgfältigen Untersuchungen über die Nutation nachgewiesen, dass die genauesten Beobachtungen keine Bewegung der Erdaxe in Beziehung auf die Erde selbst verrathen.

Es ist daher wohl anzunehmen, dass die Erde jetzt sich um eine ihrer Hauptaxen dreht, und dass sie seit Consolidirung ihrer jetzigen Gestalt sich schon immer um dieselbe Axe gedreht hat.

Diese Unveränderlichkeit der Axenstellung in Beziehung auf die Erde selbst mögte auch dann für alle Vergangenheit bis zu der ersten Bildung des Erdballs anzunehmen sein, wenn man sich die Erde als ein Aggregat verschiedener mit irgend einer primitiven

Bewegung behafteter fester Theile denkt, welche nur im Verhältniss ihrer Massen nach dem umgekehrten Verhältniss des Quadrats ihrer gegenseitigen Entfernung auf einander eingewirkt hätten.

Aber anders wird sich die Sache doch wohl stellen, wenn man von der gewiss nicht unwahrscheinlichen Annahme ausgeht, dass die Erde ursprünglich eine mit einer ausgedehnten Dampf-Atmosphäre umgebene heissflüssige Masse gewesen sei, auf deren allmählich erstarrender Oberfläche das Wasser aus der Atmosphäre niedergeschlagen. Denn dann treten neue durch die gegenseitige Reaction und den wechselnden Uebergang von dem elastischgasartigen in den tropfbarflüssigen und umgekehrt hervorgerufene Kräfte in Wirksamkeit, und dann musste jede Unregelmässigkeit in der Erstarrung der Erdoberfläche eine Unregelmässigkeit in dem Niederschlag aus der Atmosphäre und dadurch wieder unregelmässige Einwirkungen sich bildender Dampfkräfte hervorrufen und die durch diese neu entstehenden lebendigen Kräfte bewirkte Aenderung der Erdoberfläche musste eine Versetzung der Erdaxe zur Folge haben, und eine solche Axen-Versetzung musste wieder rückwirkend weitere Veränderungen der Erdoberfläche mit sich führen. Die Drehung konnte auch nicht fortdauernd um eine in der Erde bewegliche Axe, deren Pole sich um die Pole einer Hauptaxe drehten, geschehn, weil der innere heissflüssige Kern der Erde, dessen durch die Rotation bedingte Gestalt immer noch sich einem Umdrehungs-Ellipsoid annähern musste, natürlich dahin strebte die Stellung seiner kleinsten Axe mit der veränderten Rotations-Axe in Uebereinstimmung zu bringen, oder doch derselben in soweit anzunähern, dass die Hauptaxe des ganzen Erdballs mit der Rotations-Axe zusammenfiel.

Damit mussten wieder gewaltsame Revolutionen auf der Erdoberfläche verbunden sein; es mussten theilweise grosse Hebungen und Senkungen in der bereits erstarrten Erdkruste entstehn; auch die innere Fläche dieser Kruste konnte sich wesentlich verändern, indem bereits erstarrte Theile wieder flüssig und andere bis dahin noch flüssige Theile starr wurden. Damit mussten wieder neue auf die Erdoberfläche ungleichartig einwirkende Gasentwickelungen entstehen und eine weitere Versetzung der Erdaxe erfolgen.

Offenbar konnten dergleichen gewaltige Revolutionen nicht auf einen Schlag ein bleibendes Gleichgewicht herstellen; es mussten

vielfache Schwankungen der Rotations-Axe erfolgen, indem jede bedeutende Umwälzung in der Erdoberfläche eine neue Stellung der Erdaxe und diese wieder neue Revolutionen auf der Erdoberfläche zur Folge haben musste; und erst nach vielfachen Schwankungen konnte sich eine Uebereinstimmung der kleinsten Hauptaxe des Erdballs mit der Rotations-Axe herstellen, wie sie die neueren Beobachtungen über die Stabilität der Erdaxe, wenigstens soweit die Genauigkeit dieser Beobachtungen geht, erreicht scheinen lassen.

Aus diesen Gründen lässt sich bei der unzweifelhaft bedeutenden Unregelmässigkeit der jetzigen Gestalt der Erde wohl die Annahme rechtfertigen, dass die Rotations-Axe in Beziehung auf die Erde selbst früher eine andre Stellung gehabt habe, und, wenn man von der Voraussetzung ausgeht, dass die Erde ursprünglich flüssig gewesen sei, gehabt haben müsse. Denn mit einem ursprünglich flüssigen Zustand der Erde lässt sich nur ein Umdrehungs-Ellipsoid vereinigen. Da die jetzige Gestalt der Erde aber ganz unregelmässig ist und die Erde sich demnach um eine stabile Axe und also um eine Hauptaxe dreht, es aber undenkbar ist, dass die Umgestaltung der Erde aus einem regelmässigen Umdrehungs-Ellipsoid in die jetzige unregelmässige Figur in der Art Statt gefunden haben sollte, dass die Hauptaxen des Erdkörpers immer dieselben geblieben seien; so muss der Uebergang aus dem Umdrehungs-Ellipsoid der flüssigen Masse in die jetzige Gestalt der Erde mit einer Versetzung der Pole verbunden gewesen sein.

Eine andere Frage aber ist es, ob sich aus jetzt zu beobachtenden Thatsachen eine Vermuthung über eine bestimmte frühere Stellung der Rotations-Axe entnehmen lässt.

Wollte man in dieser Beziehung von der Hypothese eines ursprünglichen Parallelismus der Rotations-Axen der Sonne und der Erde ausgehn; so konnte dieses, da die Rotations-Axe der Sonne um etwa 7 Grad gegen die Ekliptik geneigt ist, zu der Annahme einer Entfernung der ursprünglicheu Erdpole von den jetzigen bis zu ca. 30 Grad führen.

Es liesse sich nun denken, dass eine nähere Vermuthung über die frühere Lage der Erdpole sich aus den vorgenommenen Messungen vieler Breitengrade abnehmen liesse, indem sich daraus ergeben könnte, dass sich diese Messungen besser mit der Annahme eines Umdrehungs-Ellipsoids um eine andre als die jetzige

Erdaxe vereinigen liesse. Indessen hängt die Genauigkeit dieser Messungen zu sehr von localen Attractionen und andern Zufälligkeiten ab, theils bedingt die Veränderung in der Stellung der Erdaxe ja gleichzeitige Aenderungen in der Gestalt der Erdoberfläche. Es ist daher nicht anzunehmen, dass aus auch noch so genauen vervielfältigten Gradmessungen ein irgend sicherer Schluss auf die frühere Lage der Erdpole gezogen werden könnte.

Es giebt aber eine andere Thatsache, welche nicht ganz ungeeignet erscheinen könnte einen Schluss auf die frühere Stellung der Erdaxe zu rechtfertigen. Das sind die an den Felswänden der Skandinavischen Gebirge und auch an den englischen Küsten sich findenden Furchen, deren Richtung eine vielfach übereinstimmende von N. N. O. nach S. S. W. ist, ferner die in langgestreckten in Skandinavien unter dem Namen Åser bekannten Anhäufungen zusammengefügten Gerölle und die von Russland bis in Nord-Amerika verbreiteten sog. erratischen Blöcke.

Diese Furchen, Geröll-Anhäufungen und in einem weiten Kreise um den jetzigen Nordpol verbreiteten erratischen Blöcke lassen sich sehr wohl durch eine gewaltige Polarfluth erklären, und mir scheint diese Erklärung vor derjenigen durch Gletscher entschieden den Vorzug zu verdienen. Eine solche Fluth musste aber die unausbleibliche Folge der Versetzung der Erdaxe sein. Es mussten gewaltige Wasser-Massen von der Umgebung der neuen Pole wegströmen um wieder eine neue Gleichgewichtsform und zwar annähernd ein Ellipsoid zu bilden. Grosse Eisberge mussten durch diese Fluth mit fort getragen werden. Diese brachten natürlich das auf ihnen gelagerte Stein-Gerölle mit sich, und lagerten dasselbe in südlichern Gegenden ab, und zwar spricht für eine solche Uebertragung der Stein-Gerölle durch Eisschollen auch der Umstand, dass in den Ablagerungen derselben alle Grössen unter einander gemischt sind und nicht die grösseren Stücke die unterste Schicht bilden.

Dergleichen gewaltige Fluthströmungen mussten sich bei jeder bedeutenden Revolution auf der Oberfläche der Erde, wodurch die Stellung der Erdaxe afficirt wurde, wiederholen.

Mit Veränderung der Axenstellung und der dadurch bedingten Richtung der Schwungkraft mussten aber auch andere Umwälzungen in der Oberfläche der Erde eintreten. Bereits erstarrte Theile

der Erdkruste mussten auseinanderreissen und dadurch tiefe Risse zwischen früher zusammenhängenden Continenten gebildet werden.

In dieser Beziehung erlaube ich mir hinzuweisen auf die Gestalt der nördlichen und südlichen Ufer der Ost- und Nord-See, sowie des Mittelmeers und der sich gegenüber liegenden Küsten von Afrika und Amerika, sowie auch der Westküste von Amerika und der Ostküste von Asien und Australien, welche mir vielmehr auf ein Auseinandergerissensein der sich gegenüber liegenden Länder hinzudeuten scheint, als dass man darin durch Wasserströmung gebildete Erusionstheile finden könnte, wie denn auch bei einer solchen Annahme die grosse Tiefe dieser Risse sich nicht erklären lässt, da z. B. *Alexander Humboldt* berechnet hat, dass, wenn man alle jetzt vorhandenen Continente bis auf das Niveau der jetzigen Meere abtrüge und in den Nordatlantischen Ocean würfe, die Tiefe dieses Meeres nur um etwa ein Drittheil vermindert werden würde.

Es wäre zu wünschen, dass eine genauere Beobachtung der erwähnten Furchen, und namentlich eine genauere Orientirung ihrer Richtung in den verschiedenen Gegenden stattfände, weil sich daraus wahrscheinlich eine genauere Bestimmung der Strömung, und in Folge davon vielleicht auch der Lage der früheren Erdaxe wieder entnehmen lassen.

Im Widerspruch mit den jetzt bekannten Angaben darüber scheint es mir nicht zu stehen, wenn man den Ort der ursprünglichen Erdpole annähernd in der Richtung der jetzigen Pole zu den sog. magnetischen Polen sucht. Damit würde auch die Richtung mancher primitiven Gebirgs-Reihen und namentlich die Richtung der Insel-Reihe zwischen Hinter-Indien und Australien und weiter bis zu den Gesellschafts- und Marquesas-Inseln, welche dadurch eine äquatoriale würde, übereinstimmen.

Wenn nun auch anzunehmen, dass die Rotation des innern flüssigen Erdkerns sich allmählich im Ganzen mit der veränderten Rotation der festen Erdkruste in Uebereinstimmung gesetzt haben wird; so muss doch der flüssige Erdkern, dessen Figur und Masse nicht mit der äusseren Kruste gleichartig ist, durch Einwirkung von Sonne und Mond andern Schwankungen als die äussere Kruste unterliegen, und dadurch müssen, auch abgesehen von den temporären, durch Aenderungen in den Gränzen zwischen dem flüssigen

und festen Theil der Erde verursachten Reibungen fortdauernde Reibungen entstehen; und, sowie die mit Erdbeben und vulkanischen Eruptionen verbundenen Reibungen im Innern der Erde momentane Störungen der Magnetnadel veranlassen, so mögte vielleicht in diesen bleibenden bestimmten Gesetzen unterworfenen Reibungen und den dadurch hervorgerufenen galvanischen Strömungen die Ursache des Magnetismus der Erde und mancher periodischen Aenderungen in demselben zu suchen sein.

Die Ruinen von Uranienborg und Stjerneborg
im Sommer 1868.

Von
Herrn Professor *d'Arrest*,
Director der Sternwarte in Kopenhagen.

(Aus den Astronomischen Nachrichten abgedruckt.) *)

Der heisse und regenlose Sommer, der im verflossenen Jahre hier im Norden alle grösseren Ansammlungen meteorischen Wassers ausserordentlich verringerte und die kleineren Süsswasserseen gänzlich ausgetrocknet hatte, hat auch zu Folge gehabt, dass die unterirdischen Reste eines Theiles der Tychonischen Bauwerke auf der Insel Hveen in diesem Jahre sich leichter untersuchen liessen, als solches seit vielen Jahren möglich gewesen ist. Ich hatte diese ehrwürdigen Ruinen bei einem früheren Besuche auf Hveen gesehen, aber damals lagen die ganze Sterneborg und die unterirdischen Räume bei Uranienborg, wie sonst gewöhnlich, unter Wasser; erst im letztverflossenen August konnte man die einzelnen Abtheilungen dieser Räume nicht nur im Allgemeinen erkennen, sondern betreten und zum Theil messen, und es war wiederum möglich, bis zum Fussboden einer der alten Krypten zu gelangen. Indem ich hier ohne Weitläuftigkeit angeben will, wie ich die Ruinen von Uranienborg und Stjerneborg im Jahre 1868 gefunden habe, erhalte ich die schon seit Jahren erwünschte Gelegenheit, die grösstentheils unrichtigen Vorstellungen zu berichtigen, welche seit 200 Jahren in den astronomischen Schriften über Zustand und Beschaffenheit der Ueberreste von *Tycho Brahe*'s Sternwarten auf Hveen in allen Sprachen ausgebreitet worden sind. Kennern der skandinavischen, besonders der dänischen und schwedischen Literatur werde ich zwar (einen oder zwei Punkte ausgenommen) etwas wesentlich Neues kaum mitzutheilen haben; doch

*) Um das Verständniss für die folgende Beschreibung der Tychonischen Gebäude und ihrer Lage zu erleichtern, ist am Schlusse dieses Heftes eine Karte der Insel Hveen und ein Grundriss von Stjerneborg angehängt, wie sie sich in *Tycho*'s Epistol. astr. lib. I. vorfinden. D. Her.

glaube ich aus dem obenangeführten Grunde, dass unter den Astronomen der jetztlebenden Generation Keiner diese Ruinen unter günstigeren Verhältnissen, als es mir vergönnt gewesen, gesehen und untersucht hat.

Indem ich ferner auf Hveen nach Ueberresten der andern Unternehmungen *Tycho*'s suchte, habe ich überdies seine Insel mehrere Tage hindurch nach allen Richtungen durchstreift, und jetzt nach 290 Jahren, mit *Tycho*'s und *Wilhelm Blaev*'s Karten in der Hand, und seit langer Zeit vertraut mit *Tycho*'s Schriften, an den bestimmten Punkten überall noch die unverkennbaren Spuren der Wirksamkeit des grossen Astronomen auf dem Boden von Hveen wiedergefunden.

In den folgenden Mittheilungen setze ich Leser voraus, welche *Tycho*'s Publicationen kennen, und welche die Abbildungen der Insel Hveen, die Zeichnungen der Gebäude und der Instrumente, sowie die dazugehörigen Beschreibungen zur Hand haben; ohne diese Voraussetzung müsste ich selbst, um verständlich zu sein, ein Buch mit gegenwärtigem Berichte füllen. Die beste und ausführlichste Karte der Insel Hveen für das letzte Viertel des 16ten Jahrhunderts findet man in *Johann Blaev*'s Atlas major (I. Bd. fol. Amstel. 1662); sie ist vom berühmten *Wilh. Blaev* entworfen, dem Vater *Johann*'s, während er auf Hveen unter *Tycho*'s Leitung arbeitete.*)

Hveen gehört erst seit dem Frieden von Roeskilde (1658) zu Schweden. Die Insel ist jetzt nach Sprache, Lebensweise und Sitten durchaus südschwedisch; gänzlich isolirt im Sunde, hat sie sich stets ausserhalb alles regelmässigen Verkehrs befunden, und jeden Winter werden ihre Bewohner einige Zeit lang, bisweilen 1½ Monate, durch Grundeis an den Küsten und durch Treibeis im Sunde von aller Communication abgeschnitten. Zu Hveens hohen und steilen Ufern gelangt man nur in offenen Fischerböten, indem man entweder vom schwedischen Festlande, meist von Landskrona aus, über den Sund geht, oder von der dänischen Küste

*) „Cum sub *Tychone* Astronomiae operam daret.“ *Tycho*'s eigene Karte in Epistolarum astron. lib. I., und der Wiederabdruck derselben Tafel in Astronom. instaurat. Mechan. sind dagegen kleiner, unvollständiger und in den Exemplaren, die ich gesehen habe, äusserst undeutlich.

aus mit Vedbaek oder Rongsted als Ausgangspunkten. Die kürzeste Ueberfahrt ist vom Fischerdorfe Fortuna in der Mitte zwischen Landskrona und Helsingborg; hier dauert die Passage im günstigsten Falle kaum eine Stunde, während sie von Vedbaek aus bisweilen über vier Stunden währt und beschwerlich genug sein kann. *Tycho* sendete seine Barken (scaphae) von Hveen aus nach allen Seiten hin; im nahen, damals noch dänischen Schonen wohnten bekanntlich seine Verwandten und es lag dort sein Familienbesitz; nach der ferneren seeländischen Küste führten ihn häufig Geschäfte; oft auch reiste er oder sendete seine Gehülfen und Diener direct nach Kopenhagen hinunter. Die Astronomen erinnern, dass die zahlreichen Ueberreisen in den Jahren 1574—1597 nicht immer frei von Unglücksfällen gewesen sind. Manche charakteristische Erzählung knüpft sich daran. *) Offenbar sind die drei Landungsplätze auf Hveen, welche man gegenwärtig benutzt, nämlich in Nord, Südost und West, auch zu *Tycho*'s Zeiten die Landungsplätze gewesen; an allen andern Stellen ist es gefährlich, oft unmöglich die 160 bis 180 Fuss hohe Insel zu ersteigen.

Ist man, wie ich bei meinem zweiten Besuche, auf der Nordseite bei klarer Luft ans Land gegangen, und hat sich durch die angenehme Schlucht auf das Plateau begeben, so bietet sich eine Aussicht dar, mit welcher an Schönheit nur sehr wenige Punkte in Europa zu vergleichen sind. Ich werde dieselbe hier nicht schildern: bei *Tycho* und bei einigen seiner Zeitgenossen ist es in Prosa und in Versen zu lesen. In meist südlicher Richtung fortgehend passirt man, auf dem Wege zum ehemaligen Wohnsitz des Instaurator Astronomiae, Kornfelder abwechselnd mit Wiesen und Gehölz; darauf das alte Dorf Tuna**), das einzige auf Hveen, und gelangt

*) *Peter Gassendi* berichtet unter Anderm in Vita Tychonis nach *Longomontan*'s und *Olaus Worm*'s geschriebenen Mittheilungen, wie die jungen Astronomen auf Hveen, wenn *Tycho* abwesend war, sich belustigten, und wie Jeder dann zu seiner Arbeit eilte, wenn man vom Thurme der Uranienborg den Meister an's Land kommen sah. Ich will bei dieser Gelegenheit die sinnlosen Worte bei *Gassendi* in T. Brahei Vita erklären (Edit. 1654, pag. 197): „Juncher xaa laudit.“ Ohne Zweifel hat *Tycho*'s Narr Lep auf dänisch gerufen: „Junker paa Landet“, d. h. der Junker ist gelandet.

**) *F* auf den alten Karten sowohl bei *Tycho* als bei *Blaev*. Dass Tuna identisch mit dem Engl. town = Isländ. tun, bedarf kaum der Er-

nach etwa 15 Minuten zu dem Hauptlandwege, der die ganze Insel von der Südostspitze bis zum Kirchberge in WNW. durchzieht. Dieser Weg ist in seiner vollen Ausstreckung fast $\frac{3}{4}$ geogr. Meilen lang; dem grösseren Theile nach findet man ihn noch heute wie auf den alten Karten. Hier hat Alles Interesse, weil Alles direct an *Tycho* erinnert; das abgeschiedene Eiland, nur Einmal, im Jahre 1716, von einer feindlichen Armee occupirt, hat seit *Tycho*'s Weggange fast keine Begebenheiten erlebt, es hat nur unbedeutende Veränderungen erlitten. Nach West hin führt der Vicinalweg zur uralten St. Ibskirche (bezeichnet auf den Karten mit *H*, Templum); dort findet man eine Büste *Tycho*'s, doch erst vom Schlusse des 18ten Jahrhunderts, und den Kirchenstuhl, den man für *Tycho*'s ausgiebt — ich übergehe indessen alle unastronomischen Merkwürdigkeiten. In östlicher Richtung führt dieser Hauptweg der Insel schon nach wenigen Minuten zwischen Uranienborg (nördlich) und Stjerneborg (südlich) hindurch. Dicht am Wege lag das westliche Portal des Schlosses.

Uranienborg.

1. Die Wälle um Uranienborg. Wer vertraut mit den hiesigen Verhältnissen aus dem Schlusse des 16ten Jahrhunderts, und im Geiste voraus bekannt mit *Tycho*'s Anlagen und Bauten, auf dem angegebenen Wege dem Ausgangspunkte der neueren Astronomie sich zum ersten Male nähert, erkennt sofort und nicht ohne Ueberraschung, wenn er zur höchsten Stelle nahe im Mittelpunkte der Insel gelangt, zur linken Hand die grünen Wälle von Uranienborg.

Die Astronomen erinnern sich nur der wenigen Worte bei *Gassendi* und der inhaltlosen, trübseligen Mittheilung die *Peter Andreas Huetius*, mehr als 60 Jahre nach seinem flüchtigen Besuche auf Hveen (1652), in seine Selbstbiographie einfügte.*) Kennt

wähnung. Auf derselben Stelle wohnten auch *Tycho*'s Bauern; doch sind die Höfe einiger ihrer, nun freien Nachkommen jetzt weiter über die Insel zerstreut

*) *Gassendi,* Hagae-Com. 1654, pag. 218: jam est campus, ubi Uraniburgum fuit. *Huetii* Commentarius de rebus ad eum pertinentibus, Lipsiae 1719, pag. 34—38. Ich werde bei einer andern Gelegenheit die Gründe angeben, weshalb ich *Huet*'s Erzählung,

man überdies die Beschaffenheit von Uranienborgs Ruinen nur aus der kurzen Nachricht bei *Picard* *) vom Jahre 1671, oder aus den armseligen Notizen moderner Touristen, z. B. *Horace Marryat*'s**): so wird man in lebhaftes Erstaunen gesetzt beim Anblick so vieler deutlichen Reste von der ganzen Anlage und so zahlreicher und mannigfaltiger Spuren von den Einzelheiten. Der fast vollständige Grundriss liegt vor den Betrachter ausgebreitet.†)

Aus *Tycho*'s Büchern kennt man die ursprüngliche Gestalt der Wälle, sowie Lage und Bestimmung der Gebäude in den vier Eckpunkten. Diese Wälle waren von lehmhaltiger Erde aufgeführt, und mit grossen Geröllsteinen auf beiden Seiten bekleidet. In beträchtlicher Stärke und Höhe, *Tycho* sagt 20 und 22 Fuss, umgaben sie das Hauptgebäude. Mit ähnlichen, wenn auch weniger hohen Wällen umzieht man noch heute jede Besitzung auf Hveen. Die Geröllsteine, wie sie in ungeheurer Masse über die Insel zerstreut sind, hat man freilich später von den Wällen weggeführt, theils hat man sie zu den engeren Steinumzäumungen benutzt, mit denen man in späterer Zeit die Mauerreste des Schlosses und die Krypten der Stellaeburg, von denen ich weiter unten berichte, umgeben hat. Zwar sind auch die Erdwälle Uranienborgs nur noch

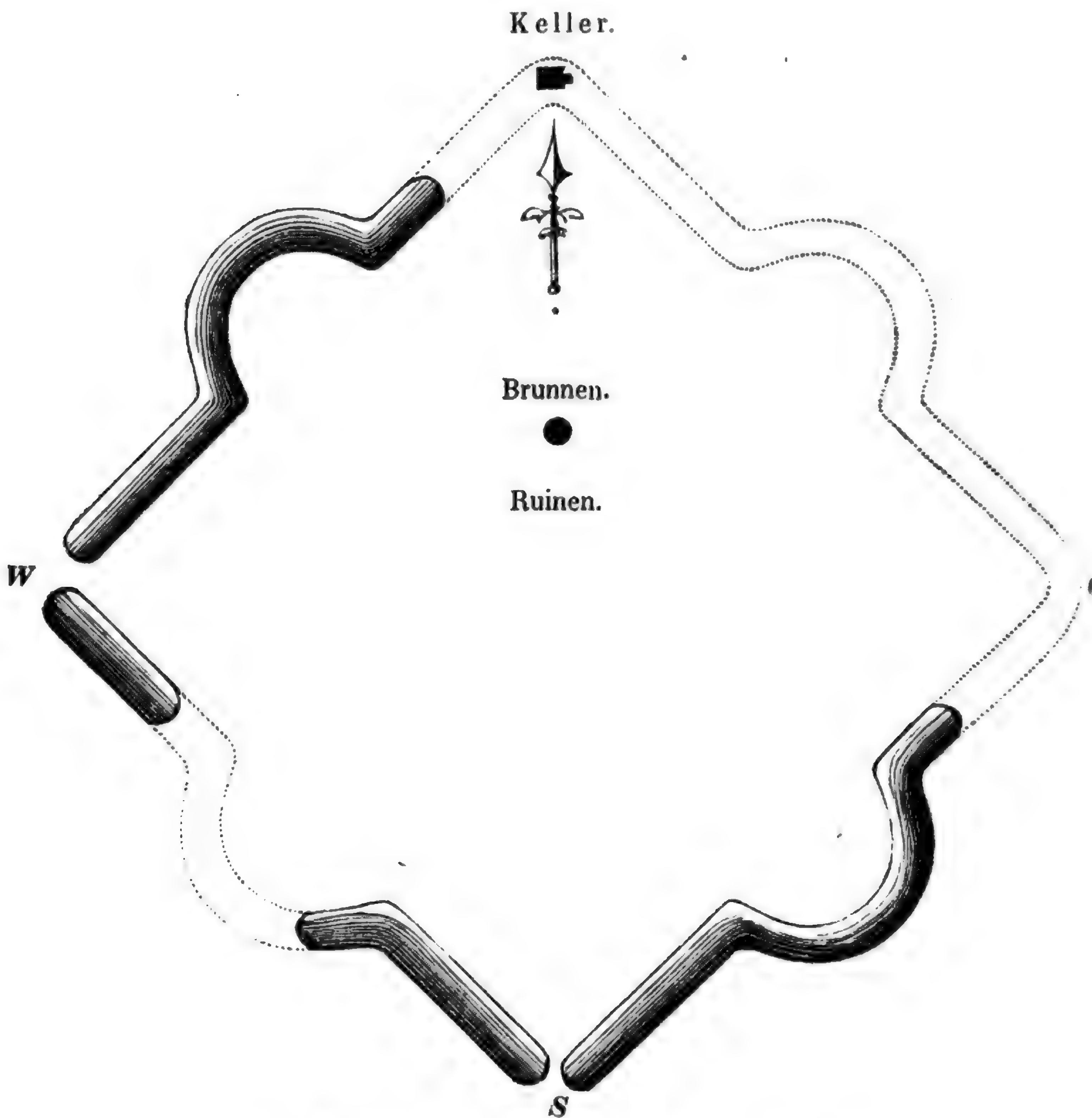
welche die Astronomen mit geringer Kritik nun so lange aus *Weidler*'s Historia Astron. abgeschrieben haben und noch heutzutage etwas leichtgläubig wiederholen, für unzuverlässig halte. Hier würde dies zu weit vom Hauptzweck abführen.

*) Voyage d'Uranibourg, im „Recueil d'Observations", Paris 1693. *Picard* beschäftigte sich allein mit Länge-, Breite- und Azimuthbestimmung; er konnte Klima und Lebensweise auf Hveen nicht ertragen und kehrte bald kränklich nach Kopenhagen zurück. Nachgrabungen hat er nicht angestellt.

**) One year in Sweden, London 1862, vol. I., pag. 118. Ausser dem, was ein Jeder weiss, bevor er nach Hveen kommt, erfährt man nur von einem Brunnen „in which frogs, toads and efts disport themselves; than we quit Uranienborg."

†) Es ist noch einer Beschreibung und Skizze der Ruinen von Uranienborg zu erwähnen, die sich in der von *v. Littrow* herausgegebenen Reise *P. Hell*'s nach Wardoe im Jahre 1769 vorfindet. Dieselbe ist indessen sehr kurz gefasst, und die Zeichnung ungenau. Der weiter unten erwähnte, im Jahre 1747, also 23 Jahre vor *Hell*'s Besuch der Insel, aufgefundene Keller an der Nordecke des Walles ist nicht darin angegeben. D. Her.

theilweise, durchschnittlich etwa in 5 bis 6 Fuss Höhe vorhanden; aber die so charakteristische Form, quadratisch mit hemicyklischen Ausbeugungen in der Mitte jeder Seite, entspricht ganz den Angaben *Tycho*'s. Aus der hier beigefügten Abbildung erkennt man,

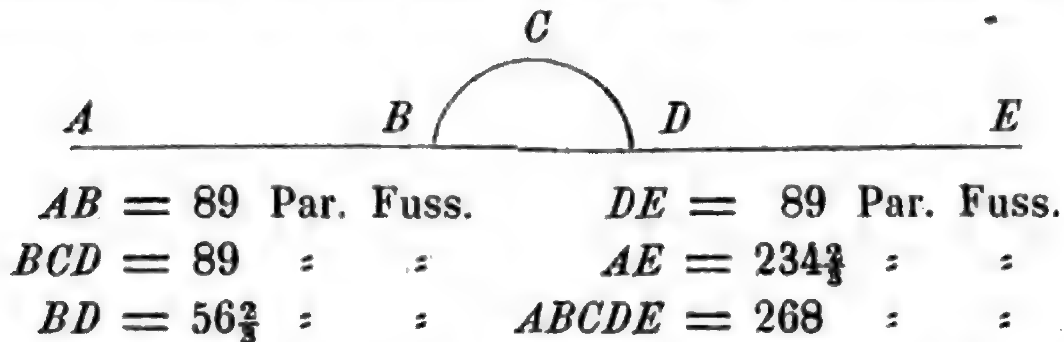


Die Wälle von Uranienborg im Sommer 1868.

wie viel von den ursprünglichen Wällen noch im Jahre 1868 übrig war. Zur Zeit von *Picard*'s und *Ol. Römer*'s Aufenthalt auf Hveen, und noch vor 54 Jahren, als der bekannte schwedische Archäolog

Sjöborg die Insel besuchte,*) war der südwestliche Wall noch vollständig erhalten. Erst nach 1814 ist er, zur Anlegung des Schulhauses von Hveen, durchbrochen worden.

Zur Vergleichung mit *Tycho*'s Zahlen habe ich die Dimensionen gemessen, oben auf der Mitte der Wälle, und gefunden:



$AB = 89$	Par. Fuss.	$DE = 89$	Par. Fuss.
$BCD = 89$	〃 〃	$AE = 234\frac{2}{3}$	〃 〃
$BD = 56\frac{2}{3}$	〃 〃	$ABCDE = 268$	〃 〃

Aehnliche Messungen habe ich nachher bei *Sjöborg***) angetroffen, nämlich:

$AE = 126$ (schwedische) alnar, $BD = 31$ alnar,

woraus folgt:

$AB = 87\frac{1}{6}$	Par. Fuss.	$DE = 87\frac{1}{6}$	Par. Fuss.
$BCD = 89$	〃 〃	$AE = 231$	〃 〃
$BD = 56\frac{2}{3}$	〃 〃	$ABCDE = 263\frac{1}{3}$	〃 〃

also im Mittel aus unseren beiden Messungen für die Seite des Quadrats 233 Pariser Fuss, und für den Durchmesser der Hemicyklen 57 Pariser Fuss. Bei der verhältnissmässig grossen Präcision, mit der man auf dem Terrain die Eckpunkte angeben kann, verdienen diese Zahlen Zutrauen: der Fehler bei AE wird keinenfalls 2 Fuss übersteigen, bei BD nicht $\frac{3}{4}$ Fuss. Ein Irrthum rücksichtlich der Eckpunkte selbst kann um so weniger stattfinden, als der nördliche durch den kleinen, später zu erwähnenden Keller, der südliche durch Baureste, welche man unter der Officina typographica gefunden hat, absolut identificirt sind.

Bei *Tycho* liest man dagegen sowohl in der Astronom. instaur. Mechan. als in den Epistol. astron.:

singula quadrati latera (AE) continent pedes............. 300,
diameter semicircularis valli interior (BD) est pedum circiter 90,

*) *N. H. Sjöborg.* Samlingar för Nordens fornälskare, 3. Bd. Stockholm 1830, pag. 71—85 mit Figuren. Zeichnungen der Wälle findet man sowohl in *Picard*'s Voyage als in *Sjöborg*'s Buche: in den zwischenliegenden 143 Jahren waren sie im Wesentlichen unverändert geblieben.

**) l. c. pag. 81. Die beträchtliche Verschiedenheit der Angaben bei *Tycho* und *Picard* bemerkte dieser Verfasser doch nicht.

und dasselbe steht bei *Blaev, Gassendi* und allen Späteren. *Tycho*'s Zahlen werden, nach der bisher gebräuchlichen Annahme, nämlich 1 Tychon. Fuss = $\frac{701}{720}$ Pariser Fuss *), resp. 292 statt der obigen 233, und 87$\frac{2}{3}$ statt der obigen 57 Pariser Fuss. Die ganze Anlage ist demnach räumlich, sicher viel geringer gewesen, als man bisher geglaubt hat. Bei meinem ersten Besuche auf Hveen frappirte mich diese Bemerkung allermeist; sie gab Veranlassung zu meiner zweiten Reise, bei welcher die Messungen vorgenommen wurden. Eine plausible Erklärung des beträchtlichen Unterschiedes lässt sich schwer auffinden; vielleicht war 300 Fuss eine zur Abrundung vergrösserte Angabe für eine in *Tycho*'s Augen gleichgültige Grösse, vielleicht ist in der zweiten Zahl die Peripherie des Hemicykels mit dem Diameter verwechselt worden.

Für uns sind diese Grössen indessen nicht nur von Wichtigkeit für die richtige Vorstellung von den Dimensionen des Ganzen, sondern zugleich aus Rücksicht auf die Grösse der Tychonischen Instrumente. Am wahrscheinlichsten erscheint mir folgende Erklärungsweise dieser enormen Differenz. Es existirt, soviel bekannt, nur von einem Tychonischen Apparate eine zuverlässige moderne Messung. *Picard* selbst sah nämlich noch *Tycho*'s grossen Globus (globus magnus orichalcicus) auf dem Runden Thurm zu Kopenhagen, woselbst derselbe, nach *P. Horrebow*'s Mittheilung, in der That erst im Jahre 1728 bei dem grossen Brande vernichtet wurde, der auch *Römer*'s Beobachtungen verzehrte. Nach *Picard*'s Messung hat man nun

6 Tychon. Fuss = 55,0833 Par. Zoll

oder sehr nahe

1 Tychon. Fuss = $\frac{13}{17}$ Par. Fuss,

unter der nicht unwahrscheinlichen Voraussetzung, dass der Diameter jenes Globus eine ganze Zahl pedes genau enthalten habe. **) Damit würden *Tycho*'s Angaben für den Wall resp. 229 Pariser Fuss und 68 Pariser Fuss, ziemlich gut mit den wirklichen Dimensionen übereinstimmen. Es wird sich späterhin zeigen, dass auch die Angaben der Grösse der Instrumente einer Reduction bedürfen. Aus dem Vorstehenden leuchtet ferner ein, dass *Picard* irrte, wenn

*) *Picard,* Voyage d'Uranibourg, pag. 6.

**) Habet autem ipse globus in sua diametro 6 proxime pedes. Tych. Br. Astron. instaur. Mechan. D. Her.

er selbst eine Wallänge gemessen haben will; er hatte offenbar nur *Tycho*'s Zahl mittelst des Factors 29/30 in Pariser Fuss verwandelt.

Es wurde bereits bemerkt, dass die südwestliche Wallseite, wie die Figur zeigt, etwa zur Hälfte zerstört ist; dagegen sind die nordwestliche und die südöstliche Seite bis auf eine geringe Strecke noch heute erhalten. Die Nordostseite ist hingegen verschwunden; schon zu *Picard*'s Zeit war sie in Ackerland verwandelt. In der Nordecke des Wallquadrats lag das Haus für *Tycho*'s Dienerschaft (domuncula pro ministris). Hier entdeckte man im Jahre 1747 zufällig beim Ackern einen finstern, aus grossen, rothen Backsteinen gewölbten Keller, 10 Fuss lang und ebenso breit, 7 Fuss hoch in der Mitte. *Sjöborg* sah an einer der Wände im Innern noch Spuren einer Inschrift vom Jahre 1595. Im gegenwärtigen Sommer konnte man in diesen Keller, der gewöhnlich voll Wasser ist, hinabsteigen. Auf dem gemauerten Fussboden derselben fand man jetzt nur lose, gebrannte Steine und Bruchstücke von den Verzierungen dieses Nebengebäudes, von dem bekannt, dass es eine verkleinerte Copie der Uranienborg gewesen.*)

2. Das Schloss und das Observatorium. Zunächst innerhalb des Walles ist das Terrain eben; hier waren die vier Gänge zum Hauptgebäude, die Baumalleen und der Ziergarten, wie aus den zahlreichen Abbildungen zu ersehen. Da man sich nun

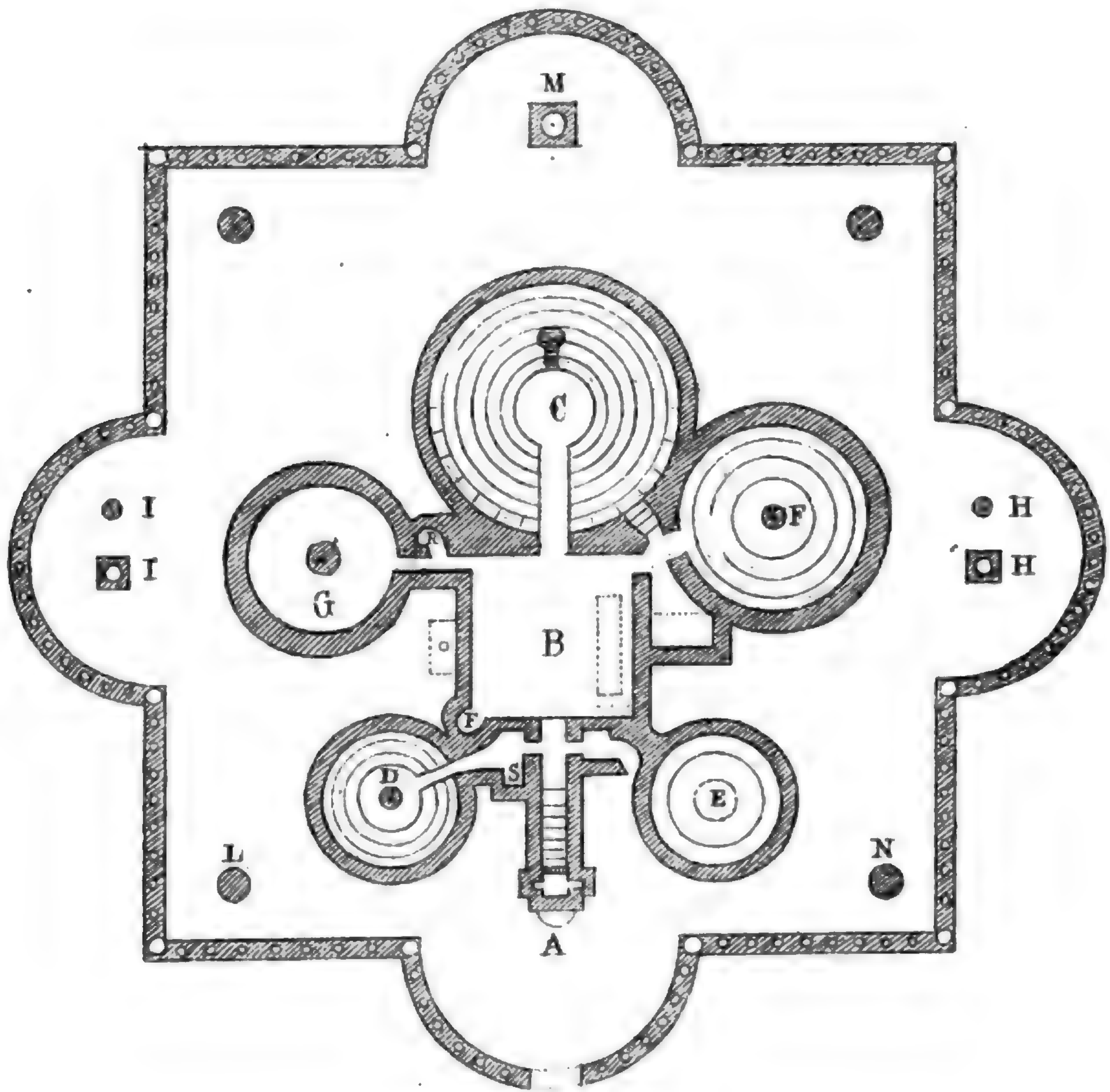
*) Zufolge einer neueren Mittheilung an den Herausgeber hat der Herr Verfasser, nach Publikation dieses Aufsatzes in den Astr. Nachr., sich die Ueberzeugung verschafft, dass dieser noch heute wohlerhaltene Keller das Schlossgefängniss von Uranienborg gewesen ist. Man weiss nämlich, dass *Tycho Brahe*, in Uebereinstimmung mit den härteren Sitten seiner Zeit, nicht immer durch Milde allein die ihm untergebenen Bewohner von Hveen im Gehorsam erhielt. Diese Bestimmung jenes finsteren, unterirdischen Aufenthaltsortes geht unzweideutig hervor aus der zwar keineswegs lobenswerthen, aber durch die Jahreszahl, die sie trägt (1586) immerhin sehr interessanten Karte von Hveen, welche man in *Braun*'s Theatrum Urbium findet und der schon in *Tycho*'s Schriften Erwähnung geschieht. Es giebt diese Karte, von der man ziemlich sicher annehmen kann, dass sie von *Tycho*'s ehemaligem Hofmeister herrüht, dem in der dänischen Literaturgeschichte später so berühmten *Sören Anders Vedel*, auch ausserdem noch über mancherlei Aufschluss, das hier übergangen werden muss. D. Her.

nahezu auf dem höchsten Punkte von Hveen befindet, ist die Aussicht frei ringsum, nur im Südostquadranten erblickt man das Meer nicht; so wird es auch in den alten Berichten und bei *Picard* angegeben. Wo Uranienborg gestanden, senkt sich der Boden plötzlich trichterförmig hinab, dergestalt, dass man auf dem Fussboden der Keller, 11 bis 12 Fuss unter dem umgebenden Erdreich, zwischen den grösstentheils zu Tage liegenden Grundmauern des Schlosses umhergeht. Die Dimensionen der Fundamente stimmen, nach Schätzung, mit den überlieferten Angaben ungefähr überein. Vieles liegt unter der Erde, vieles oberhalb; der Augenschein lehrt, dass die Verwüstung eine absichtliche gewesen ist. Von der einstigen Pracht dieses Baues zeugt indessen heute noch Manches: ich habe neun verschiedene Arten von Bausteinen unter den Mauerruinen und Trümmern aufgesammelt, in den verschiedensten Gattungen, von den grossen Rollsteinblöcken in den Fundamentmauern an, bis zu den zierlichen, gepressten, holländischen Mauersteinen und den glasirten, scharfkantigen Farbensteinen, mit denen vermuthlich die Wände der Zimmer bekleidet waren. Man findet noch verzierte Gesimssücke von Sandstein, ich sah ein bedeutendes Bruchstück einer Schale von Talkstein, wie man sich deren in den chemischen Laboratorien jener Zeit bediente, und eine wenige Fuss hohe Säule von norwegischem Marmor.

Es ist aus den Trümmerhaufen und den weit umher verstreuten Steinresten erwiesen, dass Uranienborg von rothen Steinen mit Sandsteineinfassung der architectonischen Linien aufgeführt war; die Abbildungen, welche hiervon abweichen, sind nothwendig irrig.

Den tiefen, in Cement aus vermuthlich holländischen Steinen aufgeführten Brunnen im Centrum des nördlichen Observatoriums (bezeichnet mit 5 auf *Tycho*'s Orthographia praecipuae domus), hat erst im Jahre 1824 der damalige Pastor auf Hveen *Ekdahl* wieder aufgefunden. Dieser angesehene Archäolog, auf dessen Nachforschungen zu Hveen ich zurückkomme, reinigte damals den verschütteten Brunnen, der noch heutzutage das beste Trinkwasser auf der Insel giebt. Von der Röhrenleitung, welche das Wasser einst in die einzelnen Räume des Schlosses vertheilte, verwahrt man längere Stücke, sowie schön verzierte Zapfhähne in der Sammlung der Königl. physiogr. Gesellschaft zu Lund. — Ich fand die Tiefe des Brunnens nur 38 Fuss unter dem Fussboden des Kellers,

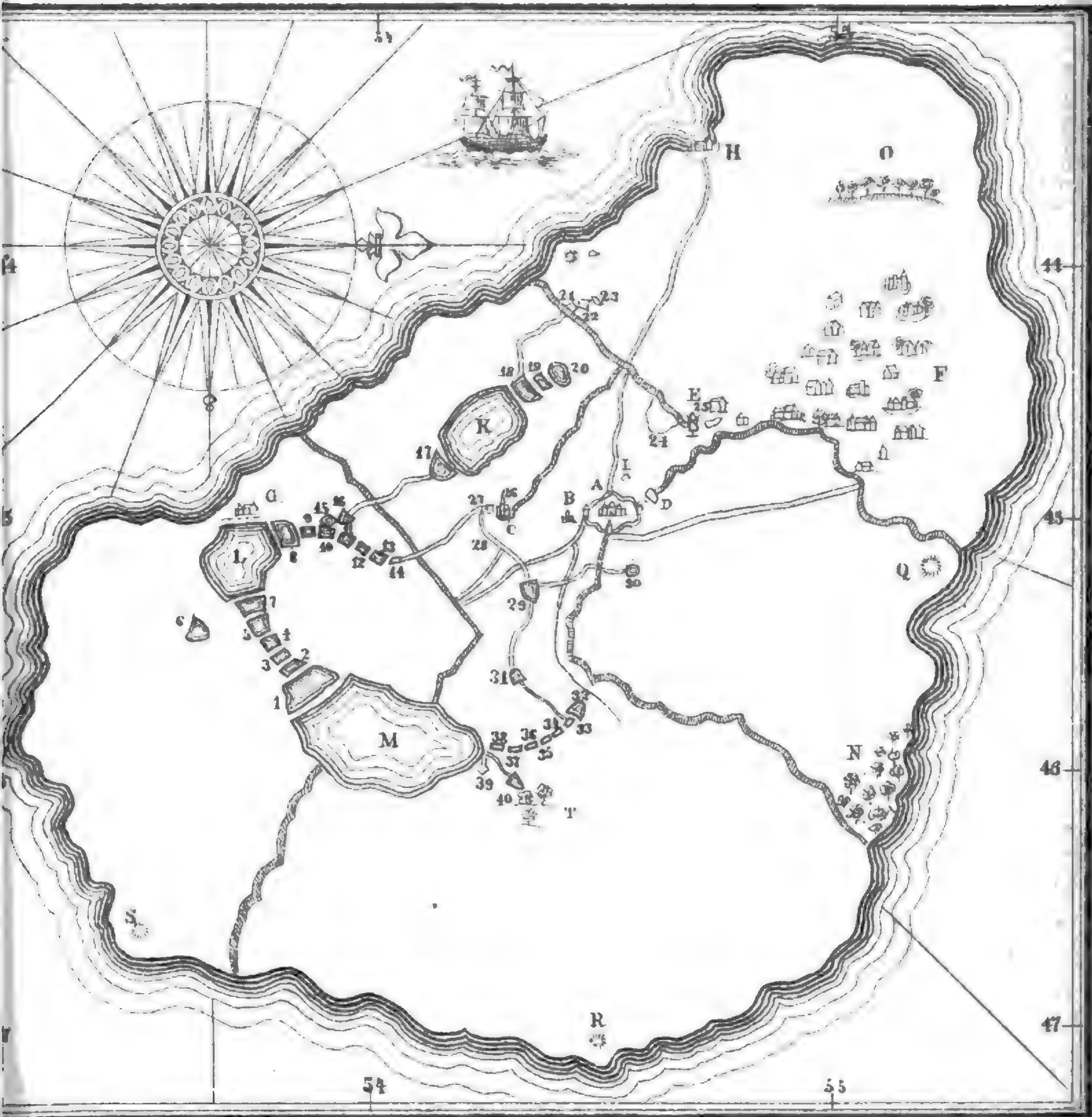
ICHNOGRAPHIA STELLÆBURGI.



ICHNOGRAPHIAE HUIUS EXPLICATIO.

A Vestibulum quò per gradus Observatorium subintratur. *B* Hypocaustum Quadratum. *C* Crypta pro Armillis maximis Æquatoriis. *D* Pro Quadrante Volubili. *E* Pro Armillis Zodiacalibus. *F* Pro Quadrante Chalybeo magno habente exterius Quadratum Geometricum etiam Chalybeum. *G* Pro Sextante Quadricubitali Globo suo convolubili imposito. *HH* Columnae lipideae ad occiduam plagam dispositae. *II* aliae Columnae lapideae Oriente versus locatae. *KLNT* Globi Sextantibus Astronomicis fulciendis extrapositi. *M* mensa rotunda saxea. *O* lectus ipsius TYCHONIS. *Q* lectus Studiosorum. *P* fornax. *V* mensa. *S* initium subterranei meatus infra vallum atq. hortum, in Laboratorium pyronomicum Arcis aliquando *(DV)* deducendi, in coatus enim est, sed non dum absolutus. Exterior area cum sua Galleriâ habet in quolibet quadrati laterum quatuor mundi plagas respicientium pedes 70. Diameter verò semicirculi medio loco intercepti est pedum 24. In duobus autem angulis hujus Quadratae areae versus Notapelioten et Notolybicum Thecae quaedam oportunae sunt, in quibus majus illud Instrumentum semicirculare quo distantiae Siderum ultra quadrantem capiuntur, tùm quoq. Sextantes alii, similiáq. Organa mobilia, quorum usus non semper requiritur, sarta tecta conservantur, quemadmodum etiam ad angulos Borrhapelioten et Borolybicum TYCHO quaedam alia suo tempore disponere constituit.

TOPOGRAPHIA INSULÆ VENUSIÆ,
vulgo HVENNÆ.



EXPLICATIO HUIUS TOPOGRAPHIAE.

A Arx Uraniburgum. *B* Stellæburgum. *C* Prædium œconomiæ destinatum. Officina artificum Astronomica Instrumenta, et alia fabricantium. *E* Mola alata. Pagus 40. circiter rusticorum habitationes continens. *G* Moletrina papiracea, fruntaria et pellificea. *H* Templum. *I* Forum judiciale rusticoru. *K L M* Piscinæ jores, quarum *L* Moletrinæ appropriata profundae altitudinis est, et aggere incredis molis fundata, ut aquarum in copia moletrinæ inservientium sit receptaculum. Hæ, quæque; Piscinæ 60 circiter numero, magnam copiam piscium diversi generis conntes, in usum dictæ moletrinæ facili negotio quando opus fuerit, pro majori parte nerantur. *O* Pratum palustre Alnis aliquibus assurgens. *T* Pascua arbustis nonlis in locis consita. *N* Sylvula Corylorum littore boreo opacata. *P Q R S* Vesti- 4 Arcium, quæ in hac Insula olim extiterunt. Habet autem tota Insula in circuitu 0 pass. major. ejus vero latitudo ultra 55 g, et longitudo ultra 56 g. Quadrato cirnsepto tam in minutis, quam secundis Geographice exprimitur. Reliqua suo teme et loco dilucidius *(D V)* explicabuntur.

die Tiefe unter dem Erdboden überhaupt 51 Fuss. Verglichen mit *Tycho*'s Angabe „puteus 40 ulnas profundus“, ergiebt sich also 1 ulna = 15⅓ Pariser Zoll, d. h. wie sich später zeigen wird, nahezu = 1 cubitus. Zwar kann der wohlerhaltene Mauercylinder am Boden mit losen Steinen bedeckt sein, doch fand ihn auch *Ekdahl* nur 40 Fuss tief.

Von den nördlichen Observatorien selbst, dem grossen und dem kleinen, ist gegenwärtig Nichts sichtbar; die vorhandenen Grundmauern derselben aufzugraben würde ohne astronomisches Interesse sein. Auch die Mauern für die Thürme in Ost und West liegen gegenwärtig unter der Erde, das Ganze zeichnet sich indessen durch Mauerreste so deutlich auf dem Boden, dass man die Stelle jedes Gebäudetheils mit Bestimmtheit erkennt.

Von den Observationsräumen auf der Südseite liegt jetzt ebenfalls wenig zu Tage. Hier war im Kellergeschoss, wie bekannt, *Tycho*'s chemisches Laboratorium. Beim Nachgraben in den Jahren 1823 und 1824 fand man in der That zwei chemische Oefen, Holzkohlen, Asche, rohen und sublimirten Schwefel, nebst Bruchstücken von Geräthen. Seit der Zeit haben diese Ruinen sich bedeutend verringert. Für die Geschichte der Astronomie ist von ferneren Nachgrabungen an diesen Stellen eine Ausbeute nicht zu erwarten; eine genauere Durchsuchung namentlich in grösserer Tiefe *) würde wesentlich noch von antiquarischem Interesse sein.

Stjerneborg.

Auf der entgegengesetzten Seite des Hauptlandweges, nicht weit von der Stelle, wo *Tycho*'s Druckerei in der Südecke des Wallquadrats lag, wenig östlich vom Meridian Uranienborgs, umschliesst jetzt ein Steinwall den Platz, wo Stjerneborg mit den Instrument-Krypten und andern unterirdischen Anlagen gestanden. Auch hier eine weite trichterförmige Vertiefung, in gewöhnlichen Jahren einem Teiche gleichend, dessen Ufer nur unsicher die aus

*) Da wo *Tycho* von den jetzt aufgedeckten Kellern unter Uranienborg spricht, setzt er etwas räthselhaft hinzu: et quaedam alia sunt infra haec. — Von dem Kellereingange in der nördlichen Ecke des Walles und von dem obenbesprochenen Brunnen hat der verstorbene dänische Dichter *J. L. Heiberg* Abbildungen mitgetheilt in Urania, Aarbog for 1846, Kjöbenhavn.

Tycho's Zeichnungen so wohlbekannte Form wieder erkennen lassen. So hatte ich diese Stelle im Mai 1868 gesehen, aber im heissen August desselben Jahres war das Wasser auch hier soweit verdunstet, dass man sich auf dem Boden in den einzelnen Räumen bewegen, und aus dem Hypocaustum quadratum (*B* auf *Tycho*'s Grundriss) in die Krypten *G*, *C* (pro Armillis maximis aequatoriis) und *F* begeben konnte. In dieser letzteren, Südwest, hat bekanntlich der Quadrans magnus chalibeus gestanden, Astronom. instaur. Mechan. fol. *B*, 3; *Blaev*'s Dania fol. 92. Ich stieg die vier hohen, kreisrunden Steinstufen hinab und sah auf dem granitenen Instrumentenpfeiler die Löcher, in welchen die Platte für das Zapfenlager der Verticalaxe befestigt gewesen ist. Die Metallbolzen sind mit so grosser Gewalt herausgebrochen, dass der starke Steinpfeiler dabei am Oberrande theilweise beschädigt wurde.

Diese Krypte *F* war gegenwärtig der best erhaltene Theil; alles übrige ist zum Theil wiederum verschüttet und nur ansehnliche, gesonderte Vertiefungen bezeichnen im Boden sowohl die Krypte *E* für die Armillae zodiacales, als die Schlafkammer für *Tycho* und seine Gehülfen, und die verbindenden Gänge.

Als *Picard* im September und October 1671 mit *Erasm. Bartholin, Ol. Römer* und *Villiard* auf Hveen war, erkannte man nur im Allgemeinen die Stelle, un endroit enfoncé, wo Stjerneborg gelegen. So sehr lag Alles in Vergessenheit, nur wenige Fuss vergraben unter dem Boden, dass keiner dieser Astronomen an eine Nachgrabung dachte, die mit leichter Mühe damals viel Interessantes an den Tag gebracht hätte. Acht Monate wandten die französischen Astronomen auf die Uranienborger Reise, und nur in vier Zeilen erwähnt *Picard* in seinem Buche der Stjerneborg. Erst anderthalb Jahrhunderte später, im Jahre 1823, traf man bei Reparation des Weges, von dem bereits gesagt, dass er zwischen *Tycho*'s beiden Observatorien hindurchgeht, zufällig auf Säulen, Mauerwerke und unterirdische Räume. *Nils Jönsson Ekdahl*, damals Pastor auf Hveen, veranlasste weitere Nachgrabungen, die im folgenden Jahre fortgesetzt wurden, und einen grossen Theil der Observationsräume an das Licht brachten. Man fand Theile der aufrechten Mauern und kam bis auf die mit Klinksteinen belegten Fussböden. Es zeigten sich Säulen und die gemauerten Stufen einzelner Krypten; man traf auf eine Steinfigur und fand sogar

die Steinplatte von 1585 über der Eingangsthür mit der wohlbekannten, vergoldeten Inschrift. Von allem diesen ist indessen jetzt nur wenig übrig, denn seit der Auffindung im Jahre 1824 haben auch diese Reliquien sich stets verringert und verschlechtert.*)

Schon 21 Jahre später fand Etatsrath *J. L. Heiberg*, ein kenntnissreicher Verehrer *Tycho*'s, das Meiste wiederum verschüttet oder von Wasser und Schlamm bedeckt. Er reinigte wenigstens die südwestliche Krypte *F*, die aber damals noch vollständiger erhalten war, als ich sie 1868 gefunden habe. Offenbar haben die verschiedenen Nachforschungen in den letztverflossenen 45 Jahren, durch die Blosslegung der einzelnen Theile, diese ruhmreichen Ueberreste der rasch fortschreitenden Zerstörung durch Klima, Wasser, Vegetation und Menschenhand ausgesetzt, vor der die Erddecke sie drittehalb Jahrhunderte lang beschützt hatte.

Die am Leichtesten zugängliche Krypte *F* veranlasst zu einer Bemerkung rücksichtlich der Dimensionen der Tychonischen Instrumente überhaupt. Die oberste der vier circulairen Stufen hat von Mauer zu Mauer einen Diameter von nahezu $11\frac{1}{3}$ Pariser Fuss, und dies ist mithin der Diameter des Horizontalzirkels TVW am Quadrans magnus chalibeus gewesen. Denselben Diameter setzt *Tycho* „9 cubitos." Wenn man mit Cubitus, wie gemeinlich geschieht, Ellen von 2 Fuss versteht, stimmt die Beschreibung also nicht mit der Wirklichkeit überein, und es hat dieser Umstand in der That zu Zweifeln über die Identität dieses Observationsraumes Veranlassung gegeben.**) Aber gerade hierin liegt, wenn es dessen noch bedürfte, ein neuer Beweis dafür, dass wir uns in der Krypte des grossen Stahlquadranten befinden, eines von *Tycho*'s feinsten Instrumenten, das unmittelbar 10 Bogensecunden angab, denn ein Tychonischer Cubitus ist in jedem Falle bedeutend kleiner als 24 Zoll. Aus meiner Vergleichung wird nun

1 Cubitus *Tycho*'s $= 15\frac{1}{10}$ Pariser Zoll,

fast dasselbe Verhältniss wie bei *Hevel*, aus dessen Angaben im I. Theil der Machina Coel. man im Mittel etwa $15\frac{1}{6}$ Pariser Zoll

*) Den Bericht über den damaligen Fund enthält die von der physiographischen Gesellschaft in Lund herausgegebene Schrift: Fornlemningar af *Tycho Brahe*'s Stjerneborg och Uranienborg på Ön Hven aftäckte cet. Stockholm 1824.

**) *Heiberg*'s Urania for 1846, pag. 119—122.

findet.*) Professor *C. A. F. Peters* kam also der Wahrheit ziemlich nahe, indem er $17\frac{2}{5}$ Pariser Zoll als Länge des Cubitus annahm, der alten Tradition gemäss: Romanus cubitus sesquipede constat**); aber *Tycho*'s Cubitus kann doch in Zukunft nicht grösser als zwischen 15 bis 16 Zoll gesetzt werden.

Im Allgemeinen kann man die Anlage der unterirdischen Stjerneborg, nach Allem was ich darüber gelesen und davon gesehen habe, nicht als eine zweckmässige erkennen. In diesen engen und feuchten Kellerräumen ohne Ventilation, waren, trotz der Pracht, womit sie geschmückt, nicht die Instrumente allein dem Verderben ausgesetzt: es ist kaum zweifelhaft, dass *Tycho* selbst, indem er in einem solchen Kellerraume schlief (*O* in der Abbildung: lectus Tychonis) den Keim zu seinem frühen Tode hier gelegt hat. Nach einem oder zwei Jahrzehnten wird das im Wasser wuchernde Weidengebüsch den Rest des Mauerwerks gänzlich gesprengt haben, und von diesen interessantesten Denkmälern der Astronomie werden sicher bald nur die losen Steine übrig sein. Der Königl. Schwedischen Regierung muss man es aber anheim stellen, ob diese Reliquien ferner bewahrt werden sollen.

Andere Ueberreste von *Tycho*'s Wirksamkeit auf Hveen.

Bekanntlich standen etwa 300 Schritt südlich von den Observatorien und dem Wohngebäude die zur Uranienborg gehörigen landwirthschaftlichen Gebäude. An dieser Stelle wurde nicht lange nach *Tycho*'s Weggange und nach dem Abbruche des Schlosses, mit den Steinen der Uranienborg ein neues Wohngebäude, Kongsgaard oder Ny-Uranienborg aufgeführt, in welchem auch *Picard* mit seinen Begleitern kurze Zeit wohnte. Gegenwärtig existirt dieses Gebäude nicht mehr. Von *Tycho*'s Anlagen an dieser Stelle hat man verschiedene Spuren in der Erde gefunden, aber sie entbehren, wie natürlich, jedes astronomischen Interesses. Nur grosse Wirthschaftsgebäude sind jetzt zurück, aufgebaut aus unbehauenen

*) Vergleiche auch Monatl. Correspondenz Bd. VI., pag. 473; *Lalande*. Astron. 3 édit. § 429.

**) *Riccioli*, Almag. nov. vol. I., pag. 62, 2. *Peters* Astron. Nachr. Band 29, Seite 211.

Geröllsteinen. Selbst nicht von alten Bäumen finden sich Spuren auf dieser hohen, den scharfen Seewinden von allen Seiten ausgesetzten Insel. — Südlich oder südwestlich den Weg fortsetzend, kommt man auf *Tycho*'s fruchtbare Kornfelder. Auf ganz Hveen ist der Boden sehr ergiebig, und die Tonne Landes hat hier grösseren Werth, als durchschnittlich in Dänemark und im südlichen Schweden. Da der Besitz der Insel *Tycho* auf Lebenszeit zugesichert war, ist es nicht ohne Interesse zu wissen, dass der Werth von Hveen gegenwärtig die Summe von zwei Millionen Francs beträchtlich übersteigt.

Auf dem Wege von Kongsgaard zu *Tycho*'s kunstreicher Wassermühle (*G* auf den Karten) kann man, den Angaben der zuverlässigen holländischen Karte folgend, die grossen und wohlerhaltenen Fischteiche auffinden. Ich fand deren wenigstens vier, denn nur die vielen kleinen Teiche mit ihren Schleusen und andern sinnreichen Vorrichtungen sind dem Boden gleich geworden. Sehenswerth ist heutzutage der grosse Fischteich *K*: tief und voll Süsswassers in der grössten Sommertrockenheit, zeigt er noch jetzt scharfe Contouren und glatte Ränder: sein Umriss muss nahe von der Form $x^4 + y^4 = C$ sein. Auch bei einem anderen ist die geometrische Gestalt recht auffällig. *)

An der äussersten Südwestküste von Hveen trifft man in einer tiefen Schlucht den Mühlenbach, der noch gegenwärtig Wasser in das Meer führt, und dem *Tycho* einst durch seine Anlagen reichlicheren Zufluss verschaffte. Auf der Mühle in geringer Entfernung vom Strande (moletrina papyracea, frumentaria et pellificea) bereitete *Tycho* das Papier, auf welchem das Meiste seiner Werke gedruckt ist. Ich fand an der Stelle nur eine grosse, wirre Sammlung von Rollsteinen, denn hier ist Alles zerstört und verstreut. Aber noch im Jahre 1740 waren hier sehr merkwürdige Bestandtheile von *Tycho*'s Construction vorhanden, die zu der Zeit nach Schweden geführt worden sind; darunter befand sich auch der niemals fehlende Votivstein mit vergoldeter Inschrift, derzufolge diese Mühle in den Jahren 1590—1592 erbaut wurde „hic ubi nihil tale ante extitit."

---

*) Nam et illa geometricum quid redolent, si modo debita symmetria conficienda sint, sagt *Tycho* mit Bezug auf diese Anlagen in einem Briefe an *Christ. Rothmann*, Nov. 1589.

Obigem Berichte möge es erlaubt sein zwei Bemerkungen hinzuzufügen, über die Azimuthe der von Uranienborg aus sichtbaren Thürme und über *Tycho*'s Leben auf Hveen im Allgemeinen. Den ersten Punkt kann man in der Gegenwart, wenn man auf Uranienborg, nicht unberührt lassen.

Da die Königl. Dänische Gesellschaft der Wissenschaften die vollständige Behandlung des erstgenannten Themas vor Kurzem zum Gegenstand einer Preisfrage gemacht hat*), beschränke ich mich indessen darauf zu sagen, dass ich nicht einmal versucht habe, den kleinen Winkel, den die Mauern des Schlosses möglicherweise mit dem Meridian machten, durch Beobachtung zu bestmmen; denn dies ist, wie schon *Delambre***) bemerkte, eine in astronomischer Beziehung ganz gleichgültige Sache. Mit welcher Genauigkeit *Tycho* den Meridian auf seinen Armillis subteraneis kannte, davon kann man aus *C. A. F. Peters*' Reduction der Beobachtungen des Cometen von 1585 sich leicht Ueberzeugung verschaffen. Hier wurden die von *Tycho* beobachteten Stundenwinkel der Fixsterne zur Correction der zum Theil aus Höhen abgeleiteten Beobachtungszeiten benutzt. Die an *Tycho*'s Zeiten anzubringende Correction wird aus 8 Bestimmungen von Oct. 18 bis Nov. 9 im Mittel $+22^s$ gefunden mit dem wahrsch. Fehler 1 Obs. $\pm 37^s$, so dass irgend ein Fehler in der Lage des Meridians sich hieraus mit Sicherheit gar nicht nachweisen lässt. Die Grösse des wahrscheinlichen Fehlers aber rührt davon her, dass *Tycho* im Allgemeinen die Beobachtungszeiten nur in ganzen Minuten notirte.

Aber der Widerspruch zwischen *Tycho*'s und *Picard*'s Bestimmungen der Azimuthe von Kopenhagen (Fraunkirche), Malmö, Lund, Landskrona, Helsingborg und Helsingör, diese sogenannte Verification von Uranienborgs Meridianlinie, liegt gar nicht vor, und die literaire Streitfrage, über welche so Vieles geschrieben ist, beruht auf einem Missverständniss. Denn es lässt sich zeigen, dass diese Azimuthe von *Tycho* bei einem früheren Besuche auf

*) Oversigt over det K. Danske Videnskab. Selskabs Forhandlinger, Aar 1868, p. 31; *Le Verrier*'s Bulletin hebdomad. № 75.

**) *Delambre*, Hist. de l'Astronomie mod. II., pag. 615. Schon vorher hatte *Montucla* verständig geäussert: il me semble que c'est imputer un peu légérement à *Tycho* une erreur aussi grossière. Hist. des Mathém. I., pag. 576.

Hveen zur vorläufigen Orientirung bestimmt wurden, ehe noch Uranienborg erbaut war. Danach übergehe ich, was sonst noch zu dieser Frage gehört.

Die astronomischen Historiker haben sich sehr verschiedene Vorstellungen über *Tycho*'s vieljährigen Aufenthalt auf Hveen gemacht. Während *Weidler* und viele Andere *Tycho* glücklich preisen (inusitata felicitate gavisus est), denkt sich z. B. *Montucla* das Leben auf Hveen in den Jahren 1575 bis 1597 traurig und verlassen wie in der Wüste. Auch *Picard* fand den Aufenthalt auf *Tycho*'s Insel bald ganz unerträglich, von Scorbut angegriffen unter diesen Leuten „qui ne vivent que de chairs salées". So ungefähr lebt man hier in der That noch heutzutage.

Mir scheint doch *Weidler* das Richtige getroffen zu haben. Auf Hveen ist es leichter als anderswo, sich dreihundert Jahre zurück zu denken, und das reiche und mannigfaltige, philosophische Leben zu reconstruiren, das hier einst sich entfaltet hat. *Tycho* verstand es, die Zeit zwischen seinen astronomischen Arbeiten angenehm und erfrischend auszufüllen, und immer boten ihm neue Constructionen, Bauten und Anlagen verschiedener Art, Jagd und Fischfang mancherlei Abwechselung. Man findet auf Hveen Hasen, wilde Hühner, Schnepfen u. s. w. in grosser Menge; in *Tycho*'s Zeiten gab es hier auch Rehe, und manche Obstarten gedeihen vortrefflich. Lage und Klima sind überaus angenehm, und *Tycho* disponirte über Alles, was die liebliche Insel darbietet. Wie viele Quellen der Zufriedenheit und der Zerstreuung des Geistes sich ihm in seiner eigenen Familie darboten, in seiner geistvollen Schwester *Sophie*, in den oft zahlreichen Gehülfen und Schülern aus verschiedenen Ländern, und endlich in den nicht seltenen fremden Besuchern, ist in der astronomischen Welt bekannt genug.

Von den antiquarischen Merkwürdigkeiten Hveens, theils aus dem Alterthum, theils aus dem dunkelen Theile des Mittelalters, kann hier keine Rede sein. Auch muss ich mit Stillschweigen übergehen die Anziehungskraft des gänzlich isolirten Lebens, die Liebenswürdigkeit der gegenwärtigen Bewohner der Insel, die rührende Simplicität der Verhältnisse und den Reiz der lautlosen Nächte auf Uranienborg.

Vorlesungen
über
Geschichte der Astronomie im Alterthum
von
J. F. Encke,
mitgetheilt aus dem schriftlichen Nachlasse, von *C. Bruhns.*

Encke las in Berlin an der Universität in den Jahren 1846 und 1847 wöchentlich 2 Stunden Geschichte der Astronomie und theilte die Astronomie in die 3 Zeiträume: 1) von Beginn der Astronomie bis zu *Ptolemäus,* 2) von *Ptolemäus* bis *Copernicus,* 3) von *Copernicus* bis auf die neueste Zeit. Er hatte sich zu seinen Vorlesungen kurze Notizen gesammelt, die er später zu verarbeiten beabsichtigte. Er scheint jedoch mit dieser Bearbeitung nicht fertig geworden zu sein, denn in dem schriftlichen Nachlasse findet sich nur der erste Zeitraum vor. Die Darstellung dieses Abschnittes bietet aber so viel Interessantes, Lehrreiches und Anziehendes, dass es mir sehr passend erschien, diesen Abschnitt in dieser Zeitschrift zum Abdruck zu bringen. Ich habe das Manuscript durchgesehen, nur an einigen Stellen ganz Unwesentliches geändert, weil mir ein möglichst getreuer Abdruck am angemessensten erschien.

C. Bruhns.

Leipzig im April 1869.

Die Geschichte jeder Wissenschaft hat nothwendig für jeden Gebildeten ein gewisses Interesse, denn überall bestätigt sich die Erfahrung, dass die Entwickelung der Ideen bei dem ganzen Menschengeschlechte viele Aehnlichkeit hat mit der Entwickelung

der Ideen bei dem einzelnen Individuum. So wie bei diesem nicht immer nachgewiesen werden kann, warum gewisse Vorstellungen, nachdem sie lange unklar geblieben sind, plötzlich zu einer bestimmten Zeit mit überraschender Klarheit vor Augen treten, so finden wir es auch bei dem Menschengeschlechte, dass es Zeiten giebt, wo ohne bestimmte Veranlassung das Geschlecht reif geworden ist für gewisse Vorstellungen und zu derselben Zeit an verschiedenen Orten, ohne dass Einer von dem Andern etwas weiss, dieselben Gedanken plötzlich ans Licht treten. Daher giebt es so manche Prioritäts-Streitigkeiten, die nie sich entscheiden lassen werden.

Indessen hat die Wichtigkeit der Kenntniss der Geschichte einer Wissenschaft verschiedene Abstufungen je nach dem Gegenstande, mit welchem diese sich beschäftigt. Ist ihr eigentlicher Zweck der Entwickelung der Ideen im Allgemeinen nachzuspüren, so ist die Geschichte der früheren Zeit die Wissenschaft selbst. Oder beschäftigt sie sich überhaupt mit der Untersuchung der älteren Zustände, so werden auch die Arbeiten der Vorgänger in diesem Fache nothwendig genauer untersucht werden müssen, weil sie der Zeit des Alterthums näher stehend gewissermassen noch näher ihm verwandt waren und daher Aufschlüsse enthalten können, welche den späteren entgehen. Da der Gegenstand derselbe geblieben ist, so haben die frühesten Forschungen darüber, wenn sie auch ein alterthümliches geschmackloses Gewand tragen, einen höheren Werth.

Anders ist es bei den Naturwissenschaften, die erst ganz in der neueren Zeit sich entwickelt haben und bei denen es meistens noch kein Jahrhundert her ist, dass der richtige Weg consequent verfolgt und, von dem nöthigen Material einzelner Wahrnehmungen unterstützt, zu einer Vereinigung der Einzelheiten unter gewisse leitende Ideen, sogenannte Gesetze, geführt hat. Bei ihnen hat nach dem jetzigen Stande die Geschichte ihrer Entwickelung für die Wissenschaft selbst kein so erhebliches Interesse. Die Grundlagen, wenn sie auch mühsam gefunden wurden, sind in der Regel, sobald sie die wahren sind, so ungemein einfach, dass eine einfache Aufstellung hinreicht, ohne dass es zur festen Überzeugung nöthig wäre, die vielen Irrgänge durchzumachen, welche nöthig gewesen sind um die Wahrheit zu finden. Dazu kommt,

dass das Material so überreichlich sich gehäuft hat und unter den Händen Derer, welche sich einer Wissenschaft widmen, noch täglich und stündlich so anhäuft, dass die Zeit fehlt, die Entwickelung historisch zu verfolgen und genug zu thun ist, um der augenblicklichen Fortbildung nachzufolgen. Wohl kann in manchen Fällen der Weg, auf welchem man vom Irrthum zur Wahrheit gelangt ist, belehrend für den späteren Forscher sein und ihm Abwege ersparen, aber in der Regel wird doch auch hier wie in der Geschichte überhaupt dieser Vortheil nicht stattfinden. Die Leidenschaft reisst hin, die Aehnlichkeit der Fälle wird durch Nebenumstände verdeckt, und erst wenn man später den Weg übersieht, den man zurückgelegt hat, wird man gewahr, was man sich hätte ersparen können. Darum ist in der Regel die Kenntniss der Geschichte dieser Wissenschaften, namentlich der älteren, weniger verbreitet und mehr das Eigenthum einzelner Männer, welche ein besonderes Studium daraus machen.

Alles dieses findet in vollem Maasse bei der Astronomie, namentlich bei der älteren Astronomie statt. Diese Wissenschaft, so hoch sie auch ausgebildet, ist doch kaum älter als ein Jahrhundert, wenn man bloss auf die Methoden sieht, welche jetzt nicht nur angewandt werden, sondern von denen man auch den Beweis führen kann, dass sie die besten sind. Sie ist es selbst in Hinsicht ihres Materials, denn wenn man die Beobachtung der Erscheinungen ausnimmt, welche ganz allein einer bestimmten Zeit angehörten, Sonnen- und Mordfinsternisse, Cometen-Erscheinungen und die zu keiner andern, namentlich zu keiner späteren Zeit, angestellt werden konnten, so sind alle andern festen Data, die eigentlichen Fundamente, die Sterncataloge, die Beobachtungen, auf welche unsere Planetentafeln sich gründen, die Constanten der Aberration, Nutation, Präcession, Planetenmassen etc. ganz allein seit dem ersten Drittheil des vorigen Jahrhunderts erhalten und zwar mit einer solchen Genauigkeit, dass wenn man für frühere Zeiten etwas daraus bedarf, man nicht zu den Beobachtungen dieser Zeit seine Zuflucht nimmt, sondern rückwärts aus dem letzten Jahrhundert auf die früheren schliesst. Nimmt man nun noch dazu, dass die neuere Zeit immerfort neue Beobachtungen hinzufügt, die jedesmal gleich bis zu einem gewissen Grade verarbeitet werden müssen, und dass die älteren Methoden grossentheils völlig unbrauchbar geworden

sind, so ist es leicht zu erklären, warum die Geschichte der Astronomie selbst den Astronomen vom Fache häufig in ihren Einzelnheiten so fremd geblieben ist. Es ist ein Theil dieser Wissenschaft, der gewissermassen isolirt dasteht, und mehr zum gelehrten Schmucke als zur eigentlichen Anwendung gehört.

Indessen hat es doch immer ein gewisses Interesse und erhöht den Reiz, den man bei der Ermittelung selbst der einfachsten Sätze empfindet, wenn man wenigstens beiläufig den Weg kennen lernt, auf welchem zuerst diese Sätze gefunden sind. Es möge deshalb hier der Versuch gemacht sein, bei den Hauptsätzen der Astronomie jedesmal nachzuweisen, wo sie sich zuerst und wie sie sich gezeigt haben. Die verkehrten Meinungen und Ansichten Einzelner mögen dabei ganz übergangen werden, so wie es auch nicht der Zweck sein kann, Männer und Werke, welche nur für ihre Zeit Werth hatten, ohne einen eigentlichen Uebergangspunkt zu bilden, hier aufzuführen. Ausserdem aber scheint es namentlich in der alten Geschichte nöthig, noch besonders daran zu erinnern, dass ein Satz eigentlich nur dem als Eigenthum zukommt, der ihn mit Beweisen unterstützt, so dass eine blosse hingeworfene Ansicht nicht beachtet wird.

Für die Kenntniss der alten Geschichte und auch grossentheils der neuen sind besonders benutzt:

Jo. Friderici Weidleri Historia Astronomiae sive de ortu et progressu Astronomiae. Liber singularis. Vitembergae 1741. 4to, geht bis zu diesem Jahre und enthält eine chronologische Aufzählung aller Männer, welche für die Astronomie etwas gethan haben, mit kurzer Inhaltsangabe der Werke oder Sätze.

Delambre Hist. de l'Astron. ancienne Paris, 1817 2 T. 4to.

Id. du moyen age 1819 1 T.

Id. de l'Astron. moderne 1821. 2 T. giebt sorgfältige Auszüge aus den Hauptwerken die uns erhalten sind und lehrt die Methoden der Alten kennen. Die erste geht bis *Ptolemaeus* (beob. 125—140 p. C.), und seinem Commentator *Theon* (365 p. C.), die zweite bis zu den Zeitgenossen des *Copernicus (Peucer)*, die dritte bis zu *Cassini (Dominique* † 1712).

Lalande Astronomie Ed. III. 1792, 3 Bde. 4to enthält bis zu seiner Zeit bei jedem Gegenstande das Wesentlichste der Geschichte.

Lalande Bibliographie astronomique, Paris 1803, enthält chronologisch geordnet alle Werke, die auf Astronomie Bezug haben.

Der Eindruck, den der Anblick eines heitern gestirnten Himmels auf jedes empfängliche Gemüth macht, ist so ergreifend, dass wir uns nicht wundern dürfen, schon über alle geschichtliche Zeit hinaus eine ernste und anhaltende Beschäftigung mit den Gegenständen, die sich am Himmel zeigen, zu finden, sobald die Menschen der Sorge für den ersten Lebensunterhalt sich entschlagen konnten. Die Wiege des Menschengeschlechtes, der Orient, gewährte die Mittel zum Lebensunterhalt mit Leichtigkeit, das Leben in der freien Natur bei Jäger- und Hirtenvölkern bot hinreichende Musse dar, und gewährte der lebhaften orientalischen Phantasie freien Spielraum. Das Gefühl der Unerreichbarkeit und Unermesslichkeit verband sich nothwendig mit den ersten religiösen Empfindungen und wenn schon die nur in den Stunden freier Musse mögliche Beschäftigung damit dem Menschen angenehm war, so lag es in der Natur der Sache, dass Jeder, der auf seinen Nebenmenschen einen Einfluss ausüben wollte, ohne gerade durch das Uebermaass von Körperkraft unterstützt zu sein, zu solchen geistigen Eindrücken griff. Zu diesen gehörten von jeher die astronomischen Kenntnisse und eben deshalb suchten namentlich die Priesterkasten des Orients in den alleinigen Besitz derselben sich zu setzen und zu erhalten. So finden wir bei den Babyloniern, Indern und Aegyptern die Priester als die eigentlichen Bewahrer der astronomischen Kenntnisse und erst mit den Griechen trennt sich das wissenschaftliche Element vom religiösen.

Vieles trug dazu bei die allerersten Elemente der Astronomie früh zu entwickeln, und sie dann vor dem Untergange zu bewahren. Einmal das Leben in der freien Natur und die bald sich ergebende Nothwendigkeit, sowohl überhaupt sich nach den Jahreszeiten zu richten, als auch bei den Nomadenvölkern sich in den endlosen Wüsten nach festen Punkten zu richten. Für die Entwickelung der ersten Begriffe und Folgenreihe der Erscheinungen war aber auch besonders die Stetigkeit der orientalischen abgeschlossenen Standesverhältnisse, das Kastenwesen vortheilhaft, eine Einrichtung, die mit dem innersten Wesen der astronomischen Beobachtungen auf eine wunderbare Art harmonirte. Bei der Vergleichung der Astronomie mit den andern Naturwissenschaften muss

es nämlich Jedem auffallen, dass sie fast allein mit völliger Sicherheit im Stande ist, die künftigen Erscheinungen mit Bestimmtheit vorherzusagen, und nothwendig regt sich der Wunsch eine Erklärung davon zu erhalten. Der eigentliche Grund liegt in der strengen Periodicität aller astronomischen Erscheinungen, die im Allgemeinen so gut wie völlig frei ist von den störenden Einflüssen localer Verhältnisse oder untergeordneter Kräfte, welche in andern Naturwissenschaften die Haupt-Erscheinung manchmal ganz verdunkeln und zurücktreten lassen. Namentlich ist dieses bei rohen Beobachtungen der Fall. Nur erst wenn die Feinheit der Beobachtungen so weit getrieben ist, dass man auch die kleinste Abweichung von allgemeinen Gesetzen, welche früher gefunden wurden, erkennen kann, wird die Astronomie genöthigt auf die Kräfte, welche dem Orte und der Art der Beobachtung angehören, und folglich auch den Stand des Thermometers und Barometers, vielleicht selbst den Magnetismus und die Elektricität zu berücksichtigen. Eben daher sind zu jedem allgemeinen Satze, dessen Richtigkeit man zuerst aus beiläufigen Wahrnehmungen, verbunden mit gewissen vorausgefassten Ansichten, geschlossen hatte, später immer Correktionen hinzugekommen, welche einzelne Modificationen desselben bestimmen. Wie z. B. in der Meteorologie der Einfluss des umgebenden Bodens und die Landes-Configuration, so stark einwirkend auf die, von dem Stande der Sonne abhängige Wärme-Vertheilung ist, so dass die vereinzelte Betrachtung einer dieser Ursachen allein zu den irrigsten Schlüssen führt und gleich anfangs immer beides zusammengenommen werden muss, so hängen dagegen in der Astronomie die Erscheinungen alle von dem Attraktionsgesetz allein ab, ja bei der günstigen Vertheilung der Massen können wir längere Zeit hindurch annehmen, dass jeder Planet z. B. ein materieller Punkt allein und isolirt sich um die Sonne bewegt, folglich auch die Wiederkehr seiner Stellungen zur Sonne und den andern Planeten nur von einer Centralkraft abhängt, also auch nur die eine Periode kennt. Die Verfolgung derselben giebt den ganzen Typus zu erkennen, den die andern sekundären Kräfte wohl etwas modificiren können, aber doch nie ganz verwischen. So ist es ganz der Sache angemessen, wenn wir im Anfange bei allen Völkern die Astronomie von Perioden, welche erforscht werden, ausgehen sahen. Eine beiläufige Kenntniss derselben erlaubt, sich auf die

genauere Erforschung vorzubereiten, kleine Verschiedenheiten strenger aufzufassen und wenn man einmal die Regelmässigkeit erkannt hat, so giebt die Aneinanderreihung einer grossen Anzahl von Perioden zugleich ein Mittel, die Länge einer einzelnen genauer zu bestimmen, indem man den Anfang und das Ende einer langen Reihe von Perioden so genau als möglich beobachtet und den ganzen Zeitraum durch die Anzahl der Perioden dividirt. Dieses ist der Anfang der Forschung überall gewesen. Aber auch später, bei grösserer Ausbildung der Wissenschaft, bleibt auch bei unbekannten Erscheinungen die Kenntniss der Länge einer Periode derselben von dem grössten Werthe, weil sie unmittelbar Erscheinungen verknüpft und dadurch Aufschlüsse über ihren Ursprung giebt, deren Zusammenhang man sonst schwerer geahnt hätte. Wenn z. B. eine Erscheinung im Laufe eines Jahres sich abschliesst, so werden wir unmittelbar darauf geführt, den Grund derselben in der Bewegung der Erde um die Sonne zu suchen, wie bei der Aberration es der Fall war. Hängt sie von der relativen Stellung eines Planeten gegen die Erde ab, so wird in dieser die Erklärung zu suchen sein, wie bei der Geschwindigkeit des Lichtes. Nur darf man nicht zu rasch schliessen, weil es manchmal Perioden von gleicher oder ähnlicher Dauer giebt. Ein Beispiel davon ist die synodische Umlaufszeit des Mondes von 29½ und die synodische Umdrehung der Sonne von 27½ Tagen.

Für die Auffindung solcher Perioden aber konnte nichts vortheilhafter sein, als das Kastenwesen des Orients, wo durch ununterbrochene Tradition die früheren, wenn auch sehr unvollkommenen Kenntnisse als Geheimnisse fortgepflanzt wurden. Eben dadurch häuften sich in einer langen Reihe von Jahren die Thatsachen so an, dass bei der Verbindung ein unerwarteter Aufschluss sich vielleicht ergab, der nicht erhalten wäre, wenn die dürftigen Kenntnisse gleich zuerst Gemeingut geworden und eben ihrer Dürftigkeit wegen vielleicht vergessen wären. Sobald nur ein Vortheil aus der Kenntniss einer solchen Periode gezogen werden konnte, so ward der Reiz nach Erforschung anderer noch vergrössert, die Beobachtung auf Gegenstände ausgedehnt, welche früher übergangen wurden und die Anhäufung des Materials erleichterte neue Combinationen. Erinnert man sich nur an den Eindruck, den noch jetzt die Vorausverkündigung und das Eintreffen einer Finsterniss

immer macht, so unwichtig häufig eine solche auch für die Wissenschaft im Ganzen ist, so kann man sich die hohe Wichtigkeit erklären, welche eine Gesellschaft von Männern sich erwarb, denen man allein diese Kenntnisse zutraute, wie ja *Thales* Namen sich zum Theil mit an eine solche und zwar ziemlich vage knüpft. Und doch beruht die Möglichkeit einer solchen Vorausverkündigung, selbst einer ziemlich genauen, nur auf der Kenntniss von Perioden, welche man sich durch Aufzeichnung der Erscheinungen einer langen Reihe von Jahren hindurch erwerben konnte. Schwerlich würde das mühselige Geschäft eine so grosse Masse von Beobachtungen zu sammeln, als nöthig waren, um ohne Vorkenntnisse Das herauszuziehen, was die alten Völker kannten, so consequent durchgeführt worden sein, wenn nicht ein specielles Interesse einen ganzen Stand dafür gewonnen hätte.

Es gab aber noch einen zweiten Antrieb, an den wir uns jetzt ausdrücklich erinnern müssen, weil wir das Bedürfniss gar nicht mehr bei den vielfachen Mitteln es zu erfüllen fühlen, nämlich die Nothwendigkeit, grössere und kleinere Zeitabschnitte zu machen und zu zählen. Das körperliche und geistige Bedürfniss drängt den Menschen gleich stark dazu hin, sich die Mittel dazu zu verschaffen und diese bietet nur die Astronomie dar. Zuerst bietet sie natürlich den Tag, nachher, wenn längere Abschnitte erfordert werden, unwillkürlich die Wechselgestalten des Mondes, so dass man nach Monaten zuerst, dann nach Mondjahren rechnete und bei weiterem Fortschritte nach Jahreszeiten der Sonnenjahre und nach diesen selbst. Daher geht bei allen Völkern oder doch bei den meisten die Astronomie von einer Vergleichung und Ausgleichung der Mond- und Sonnenjahre aus. Die Wichtigkeit einer solchen festen Zeiteintheilung leuchtet uns, die wir in dem Besitz derselben sind, kaum ein. Indessen braucht man sich nur an die Römische Geschichte zu erinnern, an die häufigen Veränderungen und die Benutzung derselben zu Kunstgriffen von den verschiedenen Partheien, um ein Jahr bald kurz, bald lang zu machen, um es begreiflich zu finden, dass auch bei einem *Caesar* die Festsetzung der Zeitrechnung durch ein doch nur genähertes Jahr von 365¼ Tagen zu einem besonderen Verdienst erhoben wurde. Noch jetzt bietet für die ältere Chronologie die Astronomie die einzigen sicheren Data durch die leicht bemerkbaren Sonnen- und Mond-

finsternisse dar, ohne welche wir nicht im Stande sein würden, manche der Haupt-Epochen selbst zu bestimmen. Beiläufig möchte ich hier daran erinnern, welche Schwierigkeiten der Mangel an tragbaren Zeitmessern selbst bei den gewöhnlichsten Geschäften, namentlich bei Bewegungen von einem Ort zum andern, herbeigeführt haben mögen. Wie mögen z. B. die Wochen abgetheilt worden sein bei kriegerischen Expeditionen, und noch mehr wie mögen combinirte Operationen von verschiedenen Punkten verabredet worden sein? *)

Ein dritter Antrieb endlich ging aus der Benutzung der astromischen Kenntnisse für die Schifffahrt hervor, die, wenn sie im Alterthume auch nur grösstentheils Küstenschifffahrt war, doch dieses Hülfsmittel nicht entbehren konnte. Schon *Homer* sagt Odyss. E. 271 ausdrücklich, dass *Odysseus* den Lauf seiner Schiffe nach den Sternen geregelt habe und die Phönizier, welche vielleicht Afrika umschifft haben, gewiss aber jenseits des Aequators gewesen sind, müssen die Kenntniss der relativen Lage der Gestirne je nach den Jahreszeiten nothwendig benutzt haben, mehr noch als die oekonomischen Arbeiten bei *Hesiod* und *Virgil* nach den Erscheinungen derselben regulirt wurden.

Die Eintheilung der Geschichte der Astronomie macht sich von selbst: Von den ältesten Zeiten bis zur Stiftung der Alexandrinischen Schule, etwa bis 300 a. C. das orientalische Zeitalter, von da bis zu *Copernicus*, oder bis 1500 p. C. das griechische, von da bis jetzt das europaeische Zeitalter.

In dem ersten Abschnitte findet man nur Thatsachen gesammelt, ohne noch weitere Folgerungen daraus zu ziehen, (für die theoretische Erklärung), als die, welche sich aus der einfachen Zusammenstellung ergaben. In dem zweiten wenden die Griechen die Geometrie auf die Erklärung der Phaenomene an und führen das erste System auf, welches fast unverändert und ohne wesentliche Erweiterung und Bestätigung 1800 Jahre besteht. Der letzte Abschnitt führt auf eine vollständige und durch genaue Vergleichung mit den Beobachtungen immermehr vervollständigte Theorie.

*) *Ideler*, Chronol. I. 229. 231, erwähnt die Nachteintheilung nach dem Stande der Gestirne und durch *κλεψυδραι*, denen man eine solche Weite der Oeffnungen gab, dass sie die längste Nacht massen und durch Anklebung einer bestimmten Quantität Wachs.

1. · Orientalischer Zeitraum.

Es gehört zu den Eigenthümlichkeiten des Orients, dass gewisse Formen sich Jahrhunderte und Jahrtausende ungeändert erhalten, und dass noch gegenwärtig die Erklärung mancher Eigenthümlichkeiten, die in den biblischen Urkunden erwähnt werden, in den jetzigen Lebensgewohnheiten der orientalischen Völker zu suchen ist. Eben dasselbe zeigt sich auch in ihrer Wissenschaft, besonders in der Astronomie; sie war, nachdem sie bis zu einer gewissen Höhe ausgebildet war, auf dem mehr beschaulichen als scientifischen Standpunkte stehen geblieben. Die Astronomie verdankt den orientalischen Völkern eine grosse Anzahl von Datis, welche besonders früher zur Vollendung des Systems benutzt wurden, aber kein einziges Theorem, wenn man die aller einfachsten, aus der unmittelbaren Anschauung sich ergebenden Sätze nicht dahin rechnet.

Es bleibt freilich merkwürdig, dass manche Notizen bei den orientalischen Völkern sich vorfinden, die auf einen weit vollkommeneren Zustand der Wissenschaften schliessen und einen Zusammenhang ahnen lassen. Man findet Perioden in ungeheuren Zahlen angegeben, die, wenn man sie so versteht, dass man statt der Jahre Tage oder andere Zeiträume nimmt, mit den Perioden übereinstimmen, welche erst später durch die Griechen und Andere gefunden wurden. Man findet Angaben, welche sich erst später aus dem Gebrauche der Fernröhre haben bestätigen lassen, von Bergen im Monde, von der Erklärung: Die Milchstrasse sei entstanden aus dem Schimmer vieler kleiner Sterne, dass die Planeten sich um ihre Axe drehten, bei *Plutarch, Aristoteles, Stobaeus, Eusebius.* (*Uckert* in einem Schreiben M. C. XXIV. 82 folg. 1811 Juli, wo die Untersuchung, ob die Alten das Fernrohr kannten, geführt ist.) Indessen lässt sich dieses recht gut aus einer muthmasslichen aus der Analogie hergenommenen Annahme erklären. Mehr wäre es, wenn, wie bei *Bailly* behauptet wird, die Indier nach einer Spur den Saturnsring gekannt hätten. Doch kann man hier wohl fragen, ob nicht solche Stellen entweder von den Braminen interpolirt sind oder nur durch Erklärung der Sinn hineingetragen. Das Copernikanische Weltsystem kann nach einigen Aeusserungen ebenfalls als den ältesten Völkern bekannt angese-

hen werden. Ein geistreicher Schriftsteller (*Bailly* Hist. de l'Astr. ancienne bis zur Alexandr. Schule 1 Vol. 1775, de l'Astr. mod. 1782. 3 Vol. 1782, de l'Astr. indienne et orientale 1 Vol. 1787) fand sich dadurch veranlasst, die Hypothese aufzustellen, es habe ein untergegangenes Volk, die Atlantiden, gegeben, welches alle unsere astronomischen Kenntnisse besass, vielleicht noch mehr, und welches den späteren entarteten Geschlechtern Zahlen und Thatsachen überliefert hätte, von diesen aber missverstanden, verdreht oder nur historisch aufbewahrt worden wäre. Hieran schliesst sich auch manche allegorische Erklärung von Mythen aus astronomischen Thatsachen, dass z. B. Hercules, das Symbol der Frühlingsonne, die zwölf Arbeiten verrichtet, indem er die zwölf Zeichen des Thierkreises durchläuft, dass die 50 Töchter des Danaus die 50 Wochen des alten Jahres sind u. s. w. Auch ist nicht zu läugnen, dass manche alte Zeit-Eintheilung (auch die Sexagesimaltheilung) z. B. die der Woche von 7 Tagen, welche sich bei den meisten Völkern vorfinden (die Chinesen, wenn sie sie auch kennen, haben statt dessen einen Cykel von 60 Tagen) einen Zusammenhang oder gemeinschaftlichen Ursprung andeuten. Die letztere ist vielleicht aus den Mondphasen entstanden, obgleich dadurch noch nicht die Uebereinstimmung in der Benennung der Tage erklärt wird. Man nimmt nach *Dio Cassius* gewöhnlich an, sie sei daraus entstanden, dass bei den alten Aegyptern die Folgereihe der 7 sogenannten Planeten Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur, Mond war, dass jeder Planet während 1 Stunde in den 24 Stunden des Tages herrsche und der Tag den Namen führe von dem Planeten, der die erste Stunde beherrsche. Da nun 7 Planeten sind, so wird die erste Stunde des folgenden Tages $25 = 7 \cdot 3 + 4$ immer auf den vierten Planeten treffen und folglich die Reihenfolge sein Sonne, Mond, Mars, Merkur, Jupiter, Venus, Saturn, Sonne u. s. w.

Verbindungen der Völker im Alterthum findet man auch in ähnlichen Sagen und selbst in Dingen des gemeinen Lebens, wie nach *Böckh* die Maasse sich meistens auf das altbabylonische zurückführen lassen, ebenso in den Sprachen. Ohne nun dieses ganz abläugnen zu wollen, kann man doch in Bezug auf die ungewöhnlichen Kenntnisse, die man bei den Alten entdeckt haben will, wohl daran erinnern, dass diese immer erst darin gefunden sind,

nachdem man sie von neuem entdeckt hatte, und dass sie meistens mehr hineininterpretirt, als direct ausgesprochen sind. Wenn z. B. in den Auszügen aus den Werken älterer Philosophen einmal die Sonne als in dem Centrum befindlich erwähnt wird, so folgt daraus noch kein Copernikanisches System, sondern es kann mit philosophischen Ideen über den Vorzug des Feuers und seiner Hauptquelle zusammenhängen. Eben so sind Vermuthungen über die Aehnlichkeit des Mondes mit unserer Erde noch kein Beweis, dass man sie erkannt habe. Man kann sich erklären, dass Rechnungsvorschriften, mechanisch eingelernt, noch längere Zeit gebraucht werden, ohne sich des eigentlichen Grundes bewusst zu sein; aber dass bestimmte Thatsachen, welche einen Apparat zur Entdeckung erfordern, im Laufe der Zeit ganz misverstanden werden, ist unwahrscheinlich. Ein ganz piquantes, aber gemachtes Beispiel giebt *Benzenberg* (Versuche über die Umdrehung der Erde, Dortmund 1804, pag. 471), über *Nicolas von Cusa* de docta ignorantia († 1464), wo er von der Bewegung der Erde spricht.

Das wichtigste Volk des orientalischen Alterthums, weil auf ihren Beobachtungen die griechische und folglich unsere Astronomie basirt, sind die Babylonier oder Chaldäer. Ueber ihre Sternkunde hat *Ideler* in den Abhandlungen der Berl. Acad. 1815 eine Abhandlung gegeben, die Alles umfasst, was man mit Sicherheit davon weiss.

Nach der Versicherung der Aegypter beim *Diodor* sollen die Chaldäer eine Kolonie der ägyptischen Priester gewesen sein, die Belus an den Euphrat verpflanzte und die nach dem Vorbilde ihrer Mutterkaste die Sternkunde trieb. Sprache und Schrift der Aegypter und Babylonier rechtfertigen nach *Ideler* dieses wenig. Andere Autoren sind nicht damit übereinstimmend, *Josephus* lässt sogar die Astronomie ihren Weg von Babylon aus nach Aegypten nehmen. Wenigstens scheint auch eine einigermaassen entwickelte Astronomie früher oder allein bei den Chaldäern als bei den Aegyptern gewesen zu sein. Es ist nämlich höchst merkwürdig, dass *Ptolemaeus*, der doch in Aegypten lebte, (125—140 p. C. stellte er Beobachtungen an) keine einzige ägyptische Beobachtung anführt, sondern nur chaldäische Beobachtungen, Perioden und selbst eine Zeitrechnung (das Jahr zu 365 Tagen) zu Grunde legt, die Nabonassarische Aera, die 747 a. C. anfängt und von

einem babylonischen König den Namen trägt, also auch babylonisch ist. Ueberhaupt stellen uns *Herodot*, *Strabo* und *Diodor* diese Chaldäer nicht als ein Volk vor, sondern als Priester des babylonischen Gottes Belus und den gelehrten Stand in Babylon. So sagt *Diodor:* sie bilden im Staate einen Körper von ähnlicher Beschaffenheit, wie die Priester bei den Aegyptern. Sie verwenden ihr Leben auf Philosophie und Astronomie, doch treiben sie es nicht so wie die Griechen, denn bei ihnen pflanzt sich die Philosophie in der Familie fort, der Sohn empfängt sie von dem Vater und ist dabei von allen Staatsdiensten frei. Man erkennt folglich die Kastenverfassung.

Damit hängt auch eng zusammen, dass *Ptolemaeus* bei der Anführung ihrer Beobachtungen und überhaupt die Schriftsteller im Allgemeineu niemals einen einzelnen Chaldäer nennen. Sie müssen collegialisch beobachtet haben, da es von ihnen immer heisst *χαλδαῖοι* oder auch die älteren Astronomen. Eine Ausnahme macht *Berosus,* dessen Namen mit einem Instrumente verbunden war.

Belus hatte in Babylon, an der Ostseite des Euphrat, einen Tempel aus Backsteinen, den babylonischen Tempel, eins der sieben Wunderwerke. *Herodot* (I. 181) beschreibt ihn als ein Quadrat von 2 Stadien (1200 Fuss) Seite. In der Mitte mit einem Thurm von 8 einzelnen Absätzen, ebenfalls ein Quadrat von 1 Stad. Seite und eines Höhe, also mindestens sehr hoch. *Herodot* fand ihn noch unversehrt bis auf die Wegnahme einer goldenen Statue durch *Xerxes.* Zu *Alexanders* Zeiten, 330 a. C., soll er nach *Diodor* schon in Ruinen gelegen haben. *Diodor* sagt, die Meinung der Schriftsteller über dasselbe sei verschieden und bei dem Verfall lasse sich nichts entscheiden. Doch stimmen alle darin überein, dass der Thurm von ungeheurer Höhe war und die Chaldäer auf demselben ihre Beobachtungen, besonders über die Auf- und Untergänge der Gestirne, die sie von oben genau wahrnehmen konnten, angestellt haben. Merkwürdig ist, dass die Ruine Mukkelibe, die von *Pietro della Valle* beschrieben ist und die *d'Anville* und *Rennell* für ein Ueberbleibsel dieses alten Tempels und Observatoriums halten, nach den vier Weltgegenden orientirt ist, wie ein neuerer Reisender, *Rich,* bestätigt.

Unter den uns von *Ptolemaeus* aufbewahrten Beobachtungen der Chaldäer stehen voran einige Mondfinsternisse, bei welchen

Ptolemaeus die Zeit nach der Nabonassarischen Aera bestimmt. Nach dem Byzantiner *Syncellus* sollen die Chaldäer erst mit *Nabonassar* angefangen haben, die Zeiten der Bewegung der Gestirne genau anzugeben. Sie scheinen also von diesem Könige eine feste Zeitrechnung erhalten zu haben, und wenn man auch von ihren Monaten und Jahren nichts weiss (wahrscheinlich hatten sie ein sogenanntes gebundenes Mondjahr), so zeigt doch die Angabe des *Ptolemaeus*, der Daten nach ägyptischen Monaten und Stunden, dass ihre Zeitrechnung ganz fest war, sonst hätte er sie nicht reduciren können. Diese Finsternisse sind: eine vom Jahr 721, zwei von 720, eine 621, dann 523, 502, 491, 383 und 382 a. C. Die Unterschiede der Beobachtungen mit den *Mayer*'schen Mondtafeln schwanken zwischen 5 und 64′ in Zeit. Eine kaum zu hoffende Uebereinstimmung, die eine Zeiteintheilung von verhältnissmässig beträchtlicher Genauigkeit voraussetzt. Einigen von *Ptolemaeus* angeführten Entfernungen der Planeten von den Fixsternen zufolge müssen sie nicht nur bei den Finsternissen den Monddurchmesser in 12 Zolle getheilt, als Maass einer Distanz angewandt haben.

An Perioden wird ihnen ganz besonders und ausdrücklich die Periode von 223 synodischen Monaten zugeschrieben, innerhalb welcher sehr nahe die Finsternisse wiederkehren. Mit einiger Wahrscheinlichkeit lässt sich ihnen auch die 19jährige Periode = 235 synodischen Monaten zuschreiben.

Dieses sind die ersten bestimmten und ganz zusammenhängenden Nachrichten von den ersten Anfängen einer Wissenschaft, aus welchen sich nachher unsere Astronomie entwickelt hat. Sie verdienen folglich genauer durchgegangen und die Mittel angegeben zu werden, welche die Chaldäer besassen, um das in ihnen enthaltene zu leisten.

Zuerst sieht man, dass das einfache Gesetz der täglichen Umdrehung der Sphäre ihnen bereits zum Grunde liegt, da eine genauere Zeiteintheilung hier gebraucht wird. In der That ist für Jeden, der im Freien lebt, und jede Nacht, besonders bei dem immer heitern Himmel Babylons, den noch jetzt der englische Reisende *Burnes* als ungemein prachtvoll rühmt, den Himmel betrachtet, dieses Gesetz von selbst ausgesprochen. Die Sterne verändern ihre Stellung gegen einander nicht, sondern bleiben fest

X. Der Stundenkreis fällt mit dem Meridian zusammen wenn $t = 0$ und $t = 180^\circ$.

Die strenge Proportionalität der Winkel und Zeiten konnten die Alten nicht beweisen; sie nahmen sie nach metaphysischen Betrachtungen über den Kreis als vollkommenste Figur und über die regelmässigen einfachen Gesetze der Natur an. Wir können sie theils durch die Betrachtung unterstützen, dass je mehr wir uns bemühen, unsere Zeitmesser zu vervollkommnen, desto mehr diese Wahrheit sich bestätigt, theils durch die Uebereinstimmung der Bewegungen seit den ältesten Zeiten mit dieser Hypothese. Es lässt sich aus den Säculargleichungen des Mondes beweisen, dass der Sterntag zu *Hipparch*'s Zeiten nicht um $0''01$ an Länge verschieden von dem jetzigen sein konnte.

Die angegebenen Notizen zeigen auch, wie die ersten Beobachtungen angestellt wurden. Statt der künstlichen Kreise, welche wir jetzt bei unsern Instrumenten darstellen, benutzten die Alten den natürlichen Kreis des Horizonts. Er ist unvollkommen, weil die Dünste seine scharfe Darstellung hindern und weil seine Dimensionen mit der Höhe h des Auges sich ändern. Wenn h in rheinländischen Fussen ausgedrückt wird, so wird man sehr nahe einen Horizont haben, der vom Zenithpunkte um $90^\circ + \sqrt{h}$ das letztere in Minuten absteht. Diese nachtheiligen Umstände finden wir indessen bei den Alten nicht berücksichtigt. Sie sahen den Horizont immer als den astronomischen an.

Diese Art von Beobachtungen setzte nothwendig sogleich die Bewegung der Sterne mit der Bewegung der Sonne in Verbindung. Wenn man eine längere Zeit die Auf- und Untergänge der Sterne verfolgt, so bemerkt man sogleich, dass wenn ein Stern bei Untergang der Sonne am Morgenhimmel zuerst in der Nähe des Horizonts sichtbar wird, er nach einigen Tagen etwas höher steht und so fortfährt bis er zuletzt auf der westlichen Halbkugel erscheint. Er nähert sich so immer mehr und mehr der Sonne bis er bei Untergang der Sonne nahe am westlichen Horizont hervortritt und zuletzt nur noch so kurze Zeit im Westen sichtbar bleibt bis er in den Sonnenstrahlen verschwindet. Wenn er so auf einige Zeit den Blicken ganz entzogen ist, so kommt er zuerst wieder kurz vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel zum Vorschein, geht immer früher und früher vor der Sonne auf, bis er so weit von

der Sonne entfernt ist, dass er wieder gleich nach Sonnenuntergang aufzugehen scheint. Die Sterne rücken folglich von Osten nach Westen der Sonne entgegen, oder die Sonne durchläuft den Sternenhimmel von Westen nach Osten. Zu beiden Seiten des Punktes, wo die Sonne steht, werden die Sterne nicht sichtbar sein. Der Raum westlich von der Sonne bleibt vor Sonnenaufgang unsichtbar, die Sterne östlich von der Sonne nach Sonnenuntergang. Bemerkt man sich immer von den helleren Sternen die, welche eben nach Sonnenuntergang am Abendhimmel sichtbar wurden, und beachtet man die Erfahrung, dass dasselbe sich nach Verlauf einer gewissen Zeit wiederholt, so kann man den Weg, den die Sonne unter den Sternen nimmt, verzeichnen und die Länge des Jahres nach Tagen finden.

Die auf diese Art erlangte Kenntniss der Sonnenbahn (Ekliptik) konnte natürlich nur unvollkommen sein, allein sie wurde vervollständigt durch zwei Betrachtungen. Einmal durch die Verschiedenheit der Tageslängen. Ende Juni, wenn wir uns unserer Benennungen bedienen wollen, sind die Tage am längsten, die Sonne muss folglich bei Sternen stehen, welche unter denen auf ihrer Bahn gelegenen dem sichtbaren Pol am nächsten sind. An zwei Zeitmomenten, 21. März und 21. Septbr., sind Tag und Nacht gleich, die Sonne muss im Aequator stehen. Ende December sind die Tage am kürzesten, die Sonne muss am weitesten vom Pole stehen. Sie schneidet folglich auf ihrer Bahn zweimal den Aequator, und wird in einem Kreise sich bewegen, der mit dem Aequator einen Winkel macht.

Zweitens lehren die Lichtgestalten des Mondes, dass sie von dem Stande der Sonne gegen den Mond abhängen, und eine beiläufige Beobachtung zeigt, dass der Vollmond im Winter etwa eben so hoch steigt als die Sonne im Sommer und umgekehrt, so dass also die Gegend, wo der Vollmond steht, nahe dieselbe Gegend ist, wo die Sonne sechs Monate früher oder später steht. Man hat hier folglich ein Mittel, den Weg der Sonne noch genauer zu verfolgen, als es die Untergänge und Aufgänge der Sterne vielleicht erlauben sollten.

Die Chaldäer kannten diese Sonnenbahn. Dieses geht unzweifelhaft aus einer Notiz bei Sextus Empiricus und Macrobius hervor, dass sie Wasseruhren zur Eintheilung der Ekliptik in zwölf

Theile angewandt haben. Sie nahmen nämlich zwei Gefässe mit Wasser, deren Boden durchlöchert war, bestimmten die Quantität Wasser, welche in einem Tage ausfloss oder auströpfelte, und bemerkten an dem andern die Sterne der Ekliptik, welche in der Zeit, wo der zwölfte Theil dieses Wassers ausfloss, im Aufgehen begriffen war. Dieses Verfahren ist praktisch ziemlich roh, auch verwirft *Ptolemaeus* es als zu ungenau. Es ist auch für die Eintheilung eines gegen den Aequator geneigten Kreises theoretisch ganz ungenau, da nur bei dem Aequator gleiche Bögen in gleicher Zeit aufgehen, aber eben dieser beiden Fehler wegen kann man es nicht unwahrscheinlich finden, dass in der Kindheit der Astronomie es angewandt ward. Wenn man die Darstellungen des Thierkreises oder der Zone zu beiden Seiten der Ekliptik, in welcher Mond und Planeten sichtbar sind, aus dem Alterthume beachtet, so geht aus ihnen unzweifelhaft hervor, dass bildliche Darstellungen, vielleicht selbst von Globen, zu Hülfe genommen wurden, und die rohe Eintheilung der Ekliptik in zwölf Zeichen (nach den zwölf Monaten oder nach der im Alterthum herrschenden Vorliebe für Brüche, deren Nenner durch möglichst viele Zahlen aufgehen) kann nicht bezweifelt werden.

Dieses erklärt zugleich die Möglichkeit, dass, wie bei den obigen Mondfinsternissen, Stunden angegeben werden konnten. Die sämmtlichen Völker des Alterthums theilten den natürlichen Tag oder die Zeit vom Aufgang der Sonne bis zum Untergange, sowie auch die Nacht in 12 gleiche Theile oder Stunden, so dass die erste Stunde mit Sonnen-Aufgang oder Untergang anfing und Mittag und Mitternacht auf den Anfang der siebenten fiel. Diese Zeitstunden waren *ὥραι καιρικαί.* Nur in der Bestimmung des Anfangs des bürgerlichen Tages wichen die Alten von einander ab. Die Babylonier wählten den Aufgang der Sonne, die Griechen den Untergang, die Römer die Mitternacht.

Unsere jetzigen Stunden, $\frac{1}{24}$ des bürgerlichen Tages, verdanken ihre Entstehung der rechnenden und beobachtenden Astronomie. Sie werden von *Ptolemaeus* und seinem Ausleger *Theon* häufig erwähnt unter dem Namen *ὥραι ἰσημεριναί,* Aequinoctialstunden. Im Alterthum kommen sie ausser in den astronomischen Schriften kaum vor. *Ideler* findet sie nur bei *Plinius* einigemale erwähnt, bei Gelegenheit der Ebbe und Fluth.

Bei den obigen Finsternissen kommen beide Arten von Stunden vor, vielleicht indessen sind die Aequinoctialstunden durch spätere Reduktion entstanden.

Hieran können wir noch eine zweite Art der Zeit-Eintheilung knüpfen, die ebenfalls nach dem Zeugniss des *Herodot* von den Chaldäern zu den Griechen gekommen ist. Er sagt nämlich, die Griechen hätten den *πόλος γνώμων* und die Eintheilung des Tages in 12 Stunden von den Babyloniern gelernt. Gnomon hiess bei den Griechen, auch ohne Verbindung mit den Stundenlinien, jeder auf einer horizontalen Ebene senkrecht errichtete Stift, Stab, Obelisk oder anderweitige Gegenstand, der durch seinen Schatten die Mittagstunde genau und die übrigen Tageszeiten beiläufig anzeigte, auch durch die Länge des Mittagschattens die Jahreszeiten, besonders die Nachtgleichen und Sonnenwenden zu erkennen gab. Es soll *Anaximander* (610 a. C.) nach *Suidas* die Schiefe der Ekliptik und den Gnomon bei den Griechen eingeführt haben, was mit *Herodot*'s Angabe sehr gut übereinstimmt. Die Eintheilung in gleiche Stunden setzt allerdings schon Gnomonik voraus, die wir den Chaldäern nicht zuschreiben können. Dagegen ist der *πόλος* (nach *Pollux*, der einen tiefen runden Napf mit dem *πόλος* vergleicht, der die Stunden zeigt) offenbar nichts anderes als die Hemisphäre, die *Vitruv* einem Chaldäer *Berosus* zuschreibt. Diese Hemisphäre war nichts anderes als eine hohle Halbkugel, in deren Centrum eine kleine Kugel befestigt war. Denkt man diese sich horizontal aufgestellt oder nach *Vitruv* auch ad inclinationem loci den Kreis, der sie endigt, der Weltaxe parallel gestellt, so beschreibt der Schatten des Centrums ähnliche Parallelkreise im Innern der Halbkugel, wie die Sonne am Tage, und wenn man für den höchsten, mittleren und niedrigsten Stand der Sonne die Bogen verzeichnet hat, jeden in zwölf Theile getheilt und die Punkte der Theilung durch Bogen verbunden hat, so hat man die Zeitstunden. Der Name *πόλος* nach *Ideler* von *πέλω πολέο πολεύω* braucht dabei gar nicht mit dem Weltpole zusammenzuhängen. Später kommt auch der Name *σκάφη* vor. — Diese einfachste aller Sonnenuhren, die wie man sieht von mehreren Schriftstellern den Chaldäern zugeschrieben wird, hat gewiss dazu gedient, ihre übrigen Mittel der Eintheilung zu controlliren. *Ideler* führt an, dass die Zeitbestimmungen der Griechen bei *Ptolemaeus*, die nach dem jedesmaligen Stande der Ge-

stirne ihre Zeit angaben, um nichts genauer waren als die der Chaldäer. Sonach liegt die Vermuthung sehr nahe, dass diese ihre kärglichen Mittel der Zeiteintheilung ebenfalls dadurch unterstützten, dass sie durch einen zweiten Beobachter bei einer wahrgenommenen Erscheinung den Stand der Gestirne anmerken liessen.

Die Beobachtungen des Auf- und Unterganges mussten bei ihrer Wichtigkeit in eine Art System gebracht worden sein. Es mögen deswegen hier wieder nach *Autolycus* die Propositionen in seinen zwei Büchern *περί επιτολῶν καὶ δυσέων* aufgeführt werden.

Man unterscheide zuerst die wahren Auf- und Untergänge im Augenblick des Sonnen-Aufgangs und Untergangs von den scheinbaren. Die ersten lassen sich nicht beobachten.

Der wahre Aufgang eines Sterns in dem Augenblicke, wo auch die Sonne aufgeht, heisst der kosmische Aufgang, der wahre Untergang bei Sonnen-Untergang, der kosmische Untergang. (*Autolycus* hat diese Benennung noch nicht, er nennt Morgen-Aufgang und Abend-Untergang).

Der wahre Untergang eines Sterns bei Sonnen-Aufgang und der wahre Aufgang bei Sonnen-Untergang heisst der acronyctische Untergang und Aufgang.

Diese lassen sich nicht beobachten. Die kleineren Sterne werden erst sichtbar, nach Voraussetzung der Griechen, wenn die Sonne 18° unter dem Horizont steht, die helleren, wenn sie 12° tief ist. *Autolycus* rechnet 15°, aber er zählt sie nicht im Vertikal, sondern in der Ekliptik.

Der scheinbare Morgen-Aufgang eines Sterns, wenn er zuerst im Osten vor Sonnenaufgang sichtbar ist, heisst der heliakische Aufgang.

Der scheinbare Morgen-Untergang ist, wenn der Stern zuerst kurz vor Sonnenaufgang untergeht.

Der scheinbare Abend-Aufgang ist, wenn der Stern zuletzt kurz vor Sonnen-Untergang aufgeht.

Der scheinbare Abend-Untergang, wenn der Stern zuletzt im Westen nach Untergang der Sonne gesehen wird, ist der heliakische Untergang.

Auf den Beobachtungen dieser Auf- und Untergänge beruhte lange Zeit die Astronomie der Alten und ihre Kalender.

I. Die scheinbaren Morgen-Auf- und Untergänge folgen nach einiger Zeit auf die wahren, die scheinbaren Abend-Auf- und Untergänge gehen einige Zeit vorher. — Beides zufolge der Bewegung der Sonne von West nach Ost.

II. Die Aufgänge aller Sterne sind sichtbar von der Zeit des scheinbaren Morgen-Aufgangs bis zum scheinbaren Abend-Aufgang (zwischen dem heliakischen Aufgang und scheinbaren Abend-Aufgang). Bei dem heliakischen Aufgang steht die Sonne 15° unter dem Morgen-Horizont in der Ekliptik, bei dem andern 15° unter dem Abend-Horizont, sie hat also 150° durchlaufen.

III. Die Untergänge ebenso vom scheinbaren Morgen-Untergang bis zum scheinbaren Abend-Untergang oder dem heliakischen.

IV. Die Sterne in der Ekliptik gehen des Morgens scheinbar unter 6 Monate nach dem scheinbaren Morgen-Aufgang. Die Sonne hat inzwischen 180° durchlaufen, weil der Aufgangs- und Untergangspunkt der Ekliptik einander entgegengesetzt sind. — Die Sterne nördlich von der Ekliptik mehr als sechs Monate später, die Sterne südlich weniger als sechs Monate später.

V. Dasselbe gilt für den scheinbaren Untergang des Abends und den scheinbaren Aufgang des Abends. Der erstere ist 6 Monate oder bei nördlichen Sternen etwas mehr, bei südlichen etwas weniger später als der letztere.

VI. Die wahren Aufgänge und Untergänge kehren nach einem Jahre wieder. Dieses würde der Fall sein in ganzen Tagen, wenn das Jahr 365 Tage hätte.

VII. Vom wahren Morgen-Aufgang bis zum wahren Abend-Aufgang und vom wahren Abend-Untergang bis Morgen-Untergang verfliessen 6 Monate.

VIII. Die Sterne in der Ekliptik erscheinen des Morgens zuerst einige Zeit nach ihrer letzten Sichtbarkeit des Abends und verschwinden für diese Zeit.

IX. Bei südlichen Sternen dauert die Zeit der Unsichtbarkeit länger.

X. Bei sehr nördlichen wird es einige geben, welche in jeder Nacht sichtbar sind, obgleich sie auf- und untergehen. (Gültig nur für nicht zu grosse Polhöhen, wo die Sonne tiefer als 15 oder 18° geht.)

XI. Kein Stern wird in der Ekliptik die ganze Zeit sichtbar sein, die er über dem Horizonte ist. Dieses gilt für alle nördlichen ebenfalls, aber bei südlichen kann es welche geben, deren Auf- und Untergang sichtbar ist.

Propos. XII. und XIII. sind rein geometrisch.

Im zweiten Buche kommen folgende Sätze vor:

I. Das Zeichen', in welchem die Sonne in der Mitte steht, kann nicht gesehen werden. Das gegenüberstehende ist die ganze Nacht sichtbar, geht aber nicht auf oder unter.

II. Das Zeichen, welches dem Zeichen, in dem die Sonne steht, vorhergeht (kleinere Länge hat), geht des Morgens auf, das welches ihm folgt (grössere Länge hat), geht des Abends unter.

III. In jeder Nacht sieht man 11 Zeichen des Thierkreises.

IV. Jeder Stern, sei er nördlich oder südlich, braucht 5 Monate von seinem Morgen-Aufgange bis zu seinem Abend-Aufgange (die Sonne durchläuft 150°).

V. Die Bewohner einer nördlichen Zone sehen die scheinbaren Auf- und Untergänge das Jahr hindurch aufeinander folgen. *Delambre* vermuthet, dass die nördliche Zone nur erwähnt ist, weil man die südliche für unbewohnt hielt.

VI. Ein Stern in der Ekliptik braucht vom scheinbaren Abend-Untergang bis Morgen-Aufgang 30 Tage, in welcher Zeit er unsichtbar ist. Vom Morgen-Aufgang bis Abend-Aufgang 5 Monate, in welcher Zeit man ihn aufgehen sieht. Vom Abend-Aufgang bis Morgen-Untergang 30 Tage, in welcher Zeit er nicht auf- und untergeht. Vom Morgen-Untergang bis Abend-Untergang 5 Monate, in welcher Zeit er nur untergeht.

In ähnlicher Weise geht *Autolycus* in Propos. VII.—XVIII. die ausser der Ekliptik liegenden Sterne durch und vergleicht die Untergänge und Aufgänge bei Sternen, die mehr, weniger oder genau 30° von einander abstehen. Anstatt ihm hierin aber zu folgen, will ich lieber hier die Formeln geben, wodurch man diese verschiedenen Aufgänge berechnen kann.

Es sei gegeben die Rectascension α, die Declination δ eines Sternes, die Schiefe der Ekliptik ε, die Breite des Beobachtungsortes φ und ferner der Bogen ζ, um welchen die Sonne unter dem Horizonte sein muss, damit ein Aufgang oder Untergang sichtbar ist. Um die nicht sichtbaren zugleich zu berechnen, bestimme

man zuerst den halben Tagebogen t des Sterns vermittelst der Formel

$$\cos t = -tg\,\varphi\, tg\,\delta.$$

Dann ist die Sternzeit für den

$$\text{Aufgang} \quad \theta = \alpha - t$$
$$\text{Untergang} \quad \theta' = \alpha + t$$

Man verwandelt nun den Ort des Zeniths, der auf den Aequator bezogen θ und φ und θ' und φ ist, in Länge und Breite (Berechnung des Nonagesimus). Sei diese l und b, so hat man

$$\sin b = \cos\varepsilon \sin\varphi - \sin\varepsilon \cos\varphi \sin\theta$$
$$\cos b \sin l = \sin\varepsilon \sin\varphi + \cos\varepsilon \cos\varphi \sin\theta$$
$$\cos b \cos l = \cos\varphi \cos\theta$$

wobei man die Hülfswinkel anwenden kann

$$tg\,N = \frac{tg\,\varphi}{\sin\theta} \qquad tg\,l = \frac{\cos(N-\varepsilon)}{\cos N}\, tg\,\theta$$

$$\frac{\cos b \sin l}{\cos\varphi \sin\theta} = \frac{\cos(N-\varepsilon)}{\cos N} \qquad tg\,b = tg(N-\varepsilon)\sin l$$

oder auch für Tafeln noch bequemer

$$tg\,\lambda = tg\,\theta \sec\varepsilon \qquad \sin b = \sin\gamma \sin(\varphi - \varphi')$$
$$tg\,\varphi' = \sin\theta\, tg\,\varepsilon \qquad \cos b \sin(l-\lambda) = \cos\gamma \sin(\varphi - \varphi')$$
$$\cos\gamma = \cos\theta \sin\varepsilon \qquad \cos b \cos(l-\lambda) = \cos(\varphi - \varphi')$$

so ist die Länge des Punktes der Ekliptik, der sich im Horizont befindet, bei dem Aufgange dieses Punktes $l + 90^\circ$, bei dem Untergange $l - 90^\circ$, wodurch man die Sonnenlänge bei aufgehender und untergehender Sonne erhält, welche dem $\alpha - t$, und $\alpha + t$, dem Aufgang und Untergang des Sterns, entspricht.

Soll aber die Sonne um ζ unter dem Horizonte sein, so wird, weil der Winkel der Ekliptik mit dem Horizonte $90 - b$ ist, wenn

$$\sin\beta = \frac{\sin\zeta}{\cos b}$$

β der Bogen auf der Ekliptik sein müssen, um welchen die Sonne bei dem Aufgange eine grössere, bei dem Untergange eine kleinere Länge haben muss.

Wenn also l und b dem $\alpha - t$ oder θ, l' und b' dem $\alpha + t$ oder θ' entspricht nnd folglich auch β zu θ und β' zu θ' gehört, so hat man die Sonnenlänge für

scheinb. Aufgang bei Sonnen-Untergang	$= l - \beta - 90^\circ$
acronyct. Untergang bei Sonnen-Aufgang	$= l' + 90^\circ$
acronyct. Aufgang bei Sonnen-Untergang	$= l - 90$
scheinb. Untergang bei Sonnen-Aufgang	$= l' + \beta' + 90^\circ$
heliak. Untergang bei Sonnen-Untergang	$= l' - \beta' - 90^\circ$
kosmisch. Untergang bei Sonnen-Untergang	$= l' - 90^\circ$
kosmisch. Aufgang bei Sonnen-Aufgang	$= l + 90^\circ$
heliak. Aufgang bei Sonnen-Aufgang	$= l + \beta + 90$,

worin alle angeführten Fälle enthalten sind.

Sei z. B. für den Arctur, wenn $\zeta = 15^\circ$

$\alpha = 184^\circ 15' 30''$, $\delta = 32^\circ 56' 0''$, $\varepsilon = 23^\circ 50'$, $\varphi = 38^\circ 20'$,

so wird $t = 120^\circ 48' 31''$

$\theta =$	63°26′59″	$\theta' =$	305° 4′ 1″
$l =$	68 33 8	$l' =$	323 14 21
$b =$	16 29 16	$b' =$	55 46 9
$\beta =$	15 39 35	$\beta' =$	27 23 38

wodurch man erhält:

scheinb. Aufgang bei Sonnen-Untergang	322°53′33″	(sichtbar)
acronyct. Untergang bei Sonnen-Aufgang	53 14 21	
acronyct. Aufgang bei Sonnen-Untergang	338 33 8	
scheinb. Untergang bei Sonnen-Aufgang	80 37 59	(sichtbar)
heliak. Untergang bei Sonnen-Untergang	205 50 43	(sichtbar)
kosm. Untergang bei Sonnen-Untergang	233 14 21	
kosm. Aufgang bei Sonnen-Aufgang	158 33 8	
heliak. Aufgang bei Sonnen-Aufgang	174 12 43	(sichtbar).

Aehnlich ist bei α Tauri für $\alpha = 65^\circ 24'$, $\delta = 15^\circ 59'$

$$t = 103^\circ 5' 24''$$

$\theta =$	322°18′36″	$\theta' =$	168°29′24″
$l =$	343 8 43	$l' =$	152 52 24
$b =$	49 33 48	$b' =$	30 16 14
$\beta =$	23 31 6	$\beta' =$	17 26 18.

scheinb. Aufgang Abends	229°37′37″	(sichtbar)
acronyct. Untergang Morgens	242 52 24	
acronyct. Aufgang Abends	253 8 43	
scheinb. Untergang Morgens	260 18 42	(sichtbar)
heliak. Untergang Abends	45 26 6	(sichtbar)

kosm. Untergang Abends	62 52 24	
kosm. Aufgang Morgens	73 8 43	
heliak. Aufgang Morgens	96 39 49	(sichtbar)

Hat man also den Lauf der Sonne für jene Zeiten, so kann man die Tage bestimmen. Nimmt man mit *Autolycus* den Bogen auf der Ekliptik, um welchen die Sonne von dem Auf- und Untergangspunkte entfernt sein muss $= 15°$, so wird $\beta = \beta' = 15°$.

Die umgekehrte Aufgabe lässt sich eben so leicht lösen. Wenn die kosmischen Auf- und Untergänge gegeben sind, d. h. die Punkte der Ekliptik, welche mit einem Stern zugleich auf- und untergehen; sie seien bei dem Aufgange L, bei dem Untergange L', so nehme

$$L - 90° = l \qquad L' + 90° = l'$$

und man hat dann aus den beiden letzten Gleichungen des obigen Systems:

$$\cos\varphi \cos\theta \sin l = \sin\varphi \sin\varepsilon \cos l + \cos\varphi \sin\theta \cos\varepsilon \cos l$$

setzt man also

$$\sin\varepsilon \cos l = \sin m$$
$$\cos\varepsilon \cos l = \cos m \sin M$$
$$\sin l = \cos m \cos M$$

so wird

$$\cos(\theta + M) = tg\, m\, tg\, \varphi.$$

und ebenso, wenn

$$\sin\varepsilon \cos l' = \sin m'$$
$$\cos\varepsilon \cos l' = \cos m' \sin M'$$
$$\sin l' = \cos m' \cos M'$$
$$\cos(\theta' + M) = tg\, m'\, tg\, \varphi$$

wobei θ und θ' jedesmal der Bedingung genug thun müssen, dass $\cos\theta$ einerlei Zeichen hat mit $\cos l$ und $\cos\theta'$ mit $\cos l'$, vermöge der letzten Gleichung des Systems.

Hieraus hat man $\alpha = \frac{1}{2}(\theta + \theta')$, $t = \frac{1}{2}(\theta' - \theta)$ und

$$tg\,\delta = -\frac{\cos t}{tg\,\varphi}$$

so wird für Arctur

$$M = 19°45'57'', \qquad lg\, tg\, m = 9{,}17432;$$
$$M' = 129\ 14\ 16, \qquad lg\, tg\, m' = 9{,}53420,$$

woraus $\theta = 63°27'2''$, $\theta' = 305°4'0''$ wie oben. Man kann folglich durch Tafeln sich die Rechnung erleichtern.

Man kann aber auch aus den heliakischen Auf- und Untergängen dasselbe bestimmen. In diesem Falle wird in den obigen

Formeln, wenn L_0 zum heliakischen Aufgang, L'_0 zum heliakischen Untergang gehört:

$$l = L_0 - \beta - 90 \text{ und } \sin\beta = \frac{\sin\zeta}{\cos b}, \text{ folglich wird}$$

$$\cos b \cos l = \cos b \sin (L_0 - \beta) = \cos b \sin L_0 \cos\beta - \cos L_0 \sin\zeta$$
$$\cos b \sin l = -\cos b \cos (L_0 - \beta) = -\cos b \cos L_0 \cos\beta - \sin L_0 \sin\zeta$$

$$l' = L'_0 + \beta' + 90 \text{ und } \sin\beta' = \frac{\sin\zeta}{\cos b'}, \text{ folglich wird}$$

$$\cos b' \cos l' = -\cos b' \sin (L'_0 + \beta') = -\cos b' \sin L'_0 \cos\beta' - \cos L'_0 \sin\zeta$$
$$\cos b' \sin l' = +\cos b' \cos (L'_0 + \beta') = +\cos b' \cos L'_0 \cos\beta' - \sin L'_0 \sin\zeta$$

folglich wird in beiden Fällen:

$$\cos\varphi \cos\theta \cos L_0 + \cos\varphi \sin\theta \cos\varepsilon \sin L_0 + \sin\varphi \sin\varepsilon \sin L_0 = -\sin\zeta$$
$$\cos\varphi \cos\theta' \cos L'_0 + \cos\varphi \sin\theta' \cos\varepsilon \sin L'_0 + \sin\varphi \sin\varepsilon \sin L'_0 = -\sin\zeta$$

setzt man also:

$$\cos m \sin M = \cos\varepsilon \sin L_0 \qquad \cos m' \sin M' = \cos\varepsilon \sin L'_0$$
$$\cos m \cos M = \cos L_0 \qquad \cos m' \cos M' = \cos L'_0$$
$$\sin m = \sin\varepsilon \sin L_0 \qquad \sin m' = \sin\varepsilon \sin L'_0$$

so wird:

$$\cos(\theta - M) = -\frac{\sin\zeta + \sin m \sin\varphi}{\cos m \cos\varphi};$$

$$\cos(\theta' - M') = -\frac{\sin\zeta + \sin m' \sin\varphi}{\cos m' \cos\varphi}.$$

so ist für

$L_0 =$	174° 12′ 43″	$L' =$	205° 50′ 43″
$M =$	174 42 9	$M' =$	203 53 51
$lg \sin m =$	8,61013	$lg \sin m' =$	9,24589n
$lg \cos m =$	9,99964	$lg \cos m' =$	9,99315
$\theta - M =$	248° 44′ 53″	$\theta' - M' =$	101° 10′ 6″
$\theta =$	63 27 2	$\theta' =$	305 3 59

und eben so für

$L_0 =$	96° 39′ 49″	$L'_0 =$	45° 26′ 6″
$M =$	97 16 43	$M' =$	42 52 58
$m =$	23 39 45	$m' =$	16 43 51
$\theta - M =$	225 1 51	$\theta' - M' =$	125 36 23
$\theta =$	322 18 34	$\theta' =$	168 29 21

Es ist hier m und M die Declination und Rectascension des Punktes L_0 und ebenso m' und M' die des Punktes L'_0. Nennt

man den Stundenwinkel der Sonne oder der Punkte L_0 und L'_0, welcher ihrem Zenithabstande $90^\circ + \zeta$ zukommt, Θ_0 und Θ'_0 so hat man

$$-\sin\zeta = \sin m \sin\varphi + \cos m \cos\varphi \cos\Theta_0$$
$$-\sin\zeta = \sin m' \sin\varphi + \cos m' \cos\varphi \cos\Theta'_0$$

folglich wird:

$$\Theta_0 = \pm(\theta - M) \qquad \Theta'_0 = \pm(\theta' - M')$$

und es ist $\theta = M - \Theta_0$ beim Aufgang,
$\theta' = M' + \Theta'_0$ beim Untergang,

wenn Θ_0 und Θ'_0 immer in den zwei ersten Quadranten genommen werden, oder θ und θ' sind die Sternzeiten des heliakischen Auf- und Untergangs, woraus sich von selbst t der halbe Tagebogen und α entwickelt, und damit δ. Die Formeln, wenn man M und m oder statt der Länge die AR der Sonne zur Bestimmung des Tages des heliakischen Auf- und Unterganges anwendet, heisst also auch

$$-\sin\zeta = \sin m \sin\varphi + \cos m \cos\varphi \cos(M - \alpha + t)$$
$$-\sin\zeta = \sin m' \sin\varphi + \cos m' \cos\varphi \cos(\alpha + t - M').$$

Ausser diesen Auf- und Untergängen widmeten die Chaldäer den Finsternissen eine besondere Aufmerksamkeit, und wenngleich von einzelnen Schriftstellern ganz unrichtige Meinungen über dieselben den Chaldäern zugeschrieben werden, so lässt sich doch schon aus der Periode, welche sie für die Finsternisse fanden, mit Sicherheit schliessen, dass sie sie besser kannten, besonders auch daraus, dass sie nur Mondfinsternisse, nicht Sonnenfinsternisse besonders beachteten. *Diodor* sagt, nachdem er von ihrer Astrologie gesprochen, dass sie den Mond für den nächsten und kleinsten Planeten hielten, dass sie ihm erborgtes Licht zuschrieben und seine Finsternisse von seinem Eintritte in den Erdschatten herleiteten. In Betreff der Sonnenfinsternisse fügt er hinzu, sind ihre Erklärungen von der schwächsten Art und sie wagen es nicht solche zu verkündigen und ihre Zeit genau zu bestimmen.

Diese Beschränkung zeigt recht deutlich, dass die Chaldäer sorgfältig beobachteten und das Sichere vom Unsicheren unterschieden. Die richtige Erklärung der Mondfinsternisse konnte bei längerer Aufmerksamkeit den Alten nicht entgehen, da sie immer

nur bei Vollmond eintreten und der Zusammenhang der Lichtgestalten des Mondes mit seinem Stande gegen die Sonne von selbst in die Augen fällt. Ebenso werden sie auch die Erklärung der Sonnenfinsternisse, wegen der damit stets zusammenfallenden Zeit des Neumonds, unstreitig gehabt haben. Aber für die Genauigkeit der Vorhersagung derselben findet zwischen Mond- und Sonnenfinsternissen ein wesentlicher Unterschied statt, dass, wenngleich die letzteren für die ganze Erde häufiger sind, als die Mondfinsternisse, doch an demselben Orte beträchtlich weniger gesehen werden.

Denkt man sich die drei Körper Sonne ☉, Erde ♁ und Mond ☾ in gerader Linie und nimmt die Halbmesser derselben in beliebigem Längenmaasse $= s$, t, und m an, setzt die Entfernung der Erde von der Sonne $= \Delta$, des Mondes von der Erde $= \Delta'$, so trifft die Spitze des Kegels der ☉ und ♁ in den Punkt $\frac{\Delta t}{s-t}$, weil $\frac{s-t}{\Delta}$ die Tangente des Kegelwinkels ist. Bei Mondfinsternissen steht der Mond von diesem Kegelscheitel um $\frac{\Delta t}{s-t} - \Delta'$ entfernt, bei Sonnenfinsternissen um $\frac{\Delta t}{s-t} + \Delta'$, folglich ist in diesen Gegenden der Halbmesser des Kreises, in welchem der Kegel von einer auf der Axe senkrechten Ebene geschnitten wird $= \left(\frac{\Delta t}{s-t} \mp \Delta'\right)\frac{s-t}{\Delta} = t \mp \frac{\Delta'(s-t)}{\Delta}$. Es wird hier $\frac{s}{\Delta}$ der scheinbare Halbmesser der Sonne R, $\frac{t}{\Delta}$ der scheinbare Halbmesser der Erde, von der Sonne aus gesehen, die Sonnenparallaxe p sein, und der Halbmesser dieses Kreises wird von der Erde aus unter dem Winkel $\frac{t \mp \frac{\Delta'(s-t)}{\Delta}}{\Delta'}$ gesehen werden $= \frac{t}{\Delta'} \mp \frac{s}{\Delta} \pm \frac{t}{\Delta}$ wo $\frac{t}{\Delta'}$ die Horizontalparallaxe des Mondes $= \pi$ ist. Man hat folglich für den Halbmesser des Durchschnittes des Kegels in der Gegend der Mondbahn $\pi \pm p \mp R$. Nimmt man hier die mittleren Grössen $\pi = 57'1''$, $p = 8''6$, $R = 16'1''4$, so ist für

Sonnenfinsternisse der Halbmesser des Kreises = 72′53″8
Mondfinsternisse „ „ „ „ „ = 41 8,2

Wenn der Mond mit seinem Rande diesen Kreis berührt, so hat man die Grenze der Finsternisse

$$= \pi + r \mp (R - p) \text{ oder für } r = 15'\,33''7$$

= 1°28′27″5 für Sonnenfinsternisse, = 56′41″9 für Mondfinsternisse. Bei den letzteren wird der Mond verfinstert erscheinen für alle Oerter, für welche er überhaupt sichtbar ist. Bei den ersteren nur für die, auf welche der Mondschatten fällt. Bei dem Erdschatten beachtet man immer nur den Kernschatten. Der Halbschatten bewirkt nur eine Lichtschwächung bei den Flecken des Mondes, sowie er auch in Verbindung mit der Brechung der Lichtstrahlen durch die Atmosphäre eine Vergrösserung des scheinbaren Halbmessers des Schattens bewirkt, die sonst zu $\frac{1}{60}$ angenommen wurde.

Der Theil der Erdoberfläche, welcher zu derselben Zeit eine Sonnenfinsterniss sieht, wird gefunden werden durch $m + \frac{\Delta'(m+s)}{\Delta - \Delta'}$ und wird deshalb vom Monde aus gesehen, erscheinen unter dem Winkel:

$$\frac{m}{\Delta'} + \frac{m}{\Delta - \Delta'} + \frac{s}{\Delta - \Delta'} = \frac{\Delta}{\Delta - \Delta'}\left(\frac{m}{\Delta'} + \frac{s}{\Delta}\right)$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{\Delta'}{\Delta}}\,(R + r)$$

und da $\frac{\Delta'}{\Delta}$ nahe $\frac{1}{400}$, $R + r = 31'35''1$ und der Halbmesser der Erde unter $\pi = 57'1''$ ist, so wird der Flächeninhalt dieses Kreises ungefähr $\frac{4}{13}$ des Aequators betragen.

Bewegte sich der Mond in derselben Ebene wie die Sonne um die Erde, so würde, da der Mondschatten immer bis zur Erde und der Erdschatten immer bis zum Monde reicht, bei jedem Neumonde und Vollmonde eine Finsterniss eintreten. Da aber die Mondbahn um 5°9′ im Mittel gegen die Ekliptik geneigt ist, so wird nur dann eine Finsterniss eintreten können, wenn die Breite des Mondes nicht die obigen Grenzen übersteigt. Wegen

$$\sin(\lambda - \Omega)\, tg\, i = tg\, \beta$$

wird für $\beta = \pm\ 56'\,41''9$ $\quad \lambda - \Omega = \pm 10°\,33'$ und $\pm 169°\,27'$
und für $\beta = \pm 1°\,28\ 27\ 5$ $\quad = \pm 16\ 36$ und $\pm 163\ 24$.

Diese Grenzen werden indessen wegen der veränderlichen Entfernung des Mondes von der Erde und der Längen- und Breitenstörungen des Mondes dahin verändert, dass eine Mondfinsterniss jedesmal eintreten wird, wenn zur Zeit des mittleren Vollmonds $\lambda - \Omega < \pm 9^\circ$ oder $\pm 171^\circ$, es kann nie eine stattfinden, wenn $\lambda - \Omega > 12^\circ 36'$ oder mehr als $12^\circ 36'$ von dem ☊ oder ☋ der Mond absteht. *) Innerhalb dieser Grenzen 9° und $12^\circ 36'$ bleibt es zweifelhaft und muss genauer untersucht werden. Bei der Sonnenfinsterniss sind diese Grenzen $13\frac{1}{2}^\circ$ und 19°. **) Wenn also auch die Grenzen bei Sonnenfinsternissen weiter sind, so bewirkt doch der soviel kleinere Raum der Erdoberfläche, auf dem sie sichtbar sind, dass an demselben Orte etwa in dem Verhältnisse von 4 : 9 weniger Sonnenfinsternisse gesehen werden. Dieses Verhältniss stellt sich etwa nach dem Flächeninhalte der Schattengrenzen verbunden mit der Oberfläche der Calotte heraus, auf welcher eine Sonnenfinsterniss überhaupt gesehen wird. Der Flächeninhalt der Schattengrenze des Mondes ist proportional dem $(56'7)^2$ und die Punkte der Erdoberfläche, welche die Finsterniss sehen, proportional 2π. Das Product beider ist $2.(56,7)^2\pi$, der Flächeninhalt der Schattengrenze bei den Sonnenfinsternissen ist proportional $(88{,}46)^2$ und die Punkte der Erdoberfläche, welche sie sehen, nahe proportional $0{,}3\pi$, folglich das Product $0{,}3\ (88{,}46)^2\pi$. Jenes Product verhält sich zu diesem etwa wie 1 : 0,41. Gewöhnlich nimmt man das obige Verhältniss an.

Wäre die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Ekliptik fest, so würden die Finsternisse an die Jahreszeiten gebunden sein, weil in diesem Falle sie nur in der Nähe der Knoten eintreten könnten. Die Erfahrung lehrt das Gegentheil, folglich muss die Knotenlinie der Mondbahn sich ändern und wenn man den Ort bemerkt, wo eine Mondfinsterniss stattfindet, so wird man den Ort und die Bewegung der Knotenlinie daraus ableiten können. Die Bewegung derselben ist so, dass sie in einem Jahre um $19^\circ 20' 30''$ zurück weicht, oder in einem Tage um $3' 10'' 64$. Aus dieser Bewegung und der relativen Bewegung des Mondes gegen die Sonne muss sich die Periode der Finsternisse ergeben.

*) *Delambre* hat für die Grenzen $7^\circ 47'$ und $13^\circ 21'$.

**) Nach *Hansen* $13^\circ 18'$, $22^\circ 0'$.

Vergleicht man die Zeiten zweier sehr weit entfernten Vollmonde mit einander, so findet sich, dass die mittlere Länge eines solchen synodischen Monats 29,530589 Tage beträgt oder, dass der Mond gegen die Sonne täglich 12°11′26″7 zurücklegt; da die tägliche Bewegung der Sonne 59′8″3 beträgt, so legt er 13°10′35″0 täglich gegen den Widderpunkt zurück oder gegen die Knotenlinie 13°13′45″64. Er wird folglich im Mittel 27,21222 Tage auf einen drakonitischen Monat brauchen. So oft die Periode beider Monate zusammenfällt, so oft werden die Finsternisse in derselben Ordnung aufeinander folgen. Diese grosse Periode wird man erhalten, wenn es möglich ist, die Gleichung

$$29{,}530589\ m = 27{,}21222\ n$$

für m und n in ganzen Zahlen aufzulösen und einen angenäherten Werth, wenn man so nahe als möglich in ganzen Zahlen

$$\frac{29{,}530589}{27{,}21222} = \frac{n}{m}$$

darstellt. Entwickelt man in einen Kettenbruch, so hat man:

$$\frac{n}{m} = \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{11 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{3 + \cfrac{1}{5} \cdots\cdots}}}}}}}$$

Aus der Auflösung desselben ergiebt sich

$$\frac{1}{1} \quad \frac{11}{12} \quad \frac{12}{13} \quad \frac{35}{38} \quad \frac{47}{51} \quad \frac{223}{242} \quad \frac{716}{777} \quad \frac{3802}{4127}$$

Von diesen ist abwechselnd einer zu gross, der andere zu klein, $\frac{1}{1}$ ist zu gross, $\frac{11}{12}$ zu klein. Die Differenz zweier auf einander folgender Brüche ist $\pm \frac{1}{\text{Prod. d. Nenn.}}$, folglich ist auch der Fehler jedes Bruches kleiner als dieser Bruch und sonach der Fehler von

$$\frac{223}{242} < \frac{1}{242.777},$$

folglich muss auch, wenn man $\frac{m}{n} = \frac{223}{242} + x$ setzt

$$29{,}530589 \left(\frac{223}{242} + x\right) = 27{,}21222$$

$$27{,}21222 . 242 - 29{,}530589 . 223 < \frac{29{,}530589}{777} < 0{,}04 \text{ Tag}$$

In der That ist es:

$$6585{,}35724 - 6585{,}381557 = -0{,}024317.$$

Hansen giebt an, dass in einer solchen Periode im Allgemeinen 70 Finsternisse stattfinden werden, 29 Mond- und 41 Sonnenfinsternisse.

Es geht hieraus hervor, dass mit sehr grosser Annäherung nach 223 synodischen Monaten der Mond in Bezug auf seine Knoten denselben Standpunkt, und dass also die Mondfinsternisse nach 6585$\frac{1}{3}$ Tagen ungefähr oder nach 18 Jahren (zu 365$\frac{1}{4}$ Tagen) 10$\frac{5}{6}$ Tagen etwa die Finsternisse sowohl bei dem Mond als der Sonne in derselben Ordnung wiederkehren werden. Wie genau diese Periode ist, möge das Beispiel von 1830 und 1848 zeigen. In diesen beiden Jahren war die Anzahl der Mond- und Sonnenfinsternisse die möglichst grösste, nämlich 2 Mond- und 4 Sonnenfinsternisse.*) Es können nämlich nur in dem auf- und niedersteigenden Knoten, also nur in den zwei Punkten der Sonnenbahn, die um 180° verschieden sind, Finsternisse stattfinden. Wenn in der Nähe eines Vollmonds eine Mondfinsterniss stattgefunden, so wird bei dem nächstfolgenden die Sonne sich um etwa 30° von dem Orte fortbewegt haben. Auch bei den äussersten Grenzen der Mondfinsternisse sind die Summen zweier $= 2 . 12°36' < 30°$, folglich können nie zwei Mondfinsternisse bei zwei aufeinander folgenden Vollmonden stattfinden, wohl aber 2 Sonnenfinsternisse, da $2 . 19° > 30°$. Erst nach 6 synodischen Monaten, wo die Sonne etwas weniger als 180° durchlaufen hat, ist wieder die Möglichkeit einer Mond- oder zweier Sonnenfinsternisse vorhanden. Dieses fand in den genannten beiden Jahren statt und die strenge Berechnung gab die Mitte der Finsternisse in Berliner Zeit

*) *Hansen* giebt an, dass in einem Jahre nie weniger als 2 und nie mehr als 7 Finsternisse stattfinden können. Wenn nur 2 stattfinden, so sind diese nothwendig Sonnenfinsternisse.

	1830		in Deutschland	1848		in Deutschland
⊙	Febr. 22	$17^h 43^m$	nicht	März 5	$2^h 13^m$	nicht
☾	März 9	2 36	nicht	„ 19	10 5	sichtbar
	☊ = 169° 25′			☊ = 180° 44′		
⊙	März 24	$3^h 25^m$	nicht	April 3	$11^h 39^m$	nicht
⊙	Aug. 18	1 3	nicht	Aug. 28	8 10	nicht
☾	Sept. 2	$11^h 31^m$	sichtbar	Sept. 12	$19^h 13^m$	zum Theil
	☋ = 340° 4′			☋ = 351° 22		
⊙	Sept. 16	$15^h 7^m$	nicht	Sept. 26	$22^h 23^m$	nicht

wo die Unterschiede der Zeiten im Mittel sind

$$6585 \text{ Tage } 7^h 43^m = 6585{,}322.$$

Wenn man diese Umstände erwägt, so kann es nur mit Bewunderung erfüllen, dass diese Periode den Chaldäern bekannt war. (Nach *Suidas*, wo aber 222 statt 223 steht). *Plinius* und *Geminus* (der letztere lebte 70 a. Chr. und schrieb einen Commentar zu Aratus' *φαινόμενα*). *Ptolemaeus* im 4. Buche des Almagest sagt, die alten Mathematiker haben die mittlere Bewegung des Mondes gefunden, die noch älteren haben entdeckt, dass der Mond in $6585\frac{1}{3}$ Tagen 223 mal zur Sonne und 242 mal zu seinem Knoten zurückkehrt. Um ganze Tage zu erhalten, haben sie die Periode 3fach zu 19756 Tagen genommen und sie *ἐξελιγμός* genannt, ein Ausdruck, der in der Taktik ganze Schwenkung heisst. Bei *Suidas* heisst sie Saros, nach *Ideler* vom chaldäischen Sahara Mond.

Wenn man bedenkt, was dazu gehört, um ohne Vorkenntnisse eine Periode von 18 Jahren bis auf diesen Grad von Genauigkeit zu finden, wo noch dazu häufig Mittelglieder fehlen, so kann die Nachricht bei *Simplicius* nicht befremden, dass *Kallisthenes* seinem Lehrer *Aristoteles* eine Reihe astronomischer Beobachtungen aus Babylon geschickt habe, die bis 1903 vor *Alexander* oder etwa 2230 a. C. hinaufgingen, besonders da in der Schrift von *Aristoteles de Coelo* bei einer Bedeckung des Mars vom Monde erwähnt wird: eben dergleichen vieljährige Beobachtungen an den übrigen Sternen haben die Aegypter und Babylonier angestellt, von denen eine Menge solcher Wahrnehmungen zu unserer Kunde gelangt ist.

Sie müssen aber nach der Stelle des *Ptolemaeus* auch das Jahr von $365\frac{1}{4}$ Tagen gekannt haben. Denn er fügt hinzu, sie ha-

ben auch gefunden, dass der Mond in dieser Zeit 241mal mit einem Ueberschuss von 10°40′ zu demselben Punkte der Ekliptik zurückgekehrt ist. Ist der Vollmond zu demselben Punkte der Ekliptik zurückgekehrt, so muss es auch die Sonne, sie muss folglich eine ganze Zahl von Umläufen gemacht haben, wofür man auch nach roher Kenntniss nur 18 annehmen kann. Man hat also für die Länge des Jahres

$$\frac{360}{18.360 + 10\frac{2}{3}} \cdot 6585\tfrac{1}{3} \text{ Tage} = \frac{135}{2434} \cdot 6585\tfrac{1}{3} = 365\,\frac{305}{1217} \text{ Tage.}$$

Nahmen sie wirklich das Jahr zu $365\frac{1}{4}$ Tagen an, so betrugen die $10\frac{5}{8}$ Tage über 18 solcher Jahre 10°40′66, so dass man sieht, es ist diese Basis höchst wahrscheinlich zum Grunde gelegt.

So betrachtet *Ideler* die Kenntnisse der Chaldäer und *Laplace* ist damit übereinstimmend. *Delambre* bestreitet ihnen nicht die Periode von 223 synodischen Monaten, wohl aber jede andere Kenntniss, weil *Ptolemaeus* sie nicht ausdrücklich nennt und *Geminus* auch nur an der einen Stelle.

Der Name der Chaldäer wird gewöhnlich an die Astrologie geknüpft. Es möge hier genügen zu bemerken, dass nach *Ideler*'s Ursprung des Thierkreises bei den Griechen die Astrologie zuerst durch den Perser *Osthanes* bekannt ward, der den Xerxes nach Griechenland begleitete und durch den Chaldäer *Berosus* 280 a. C. Erst 100 Jahre a. C. drang die Astrologie von Syrien und Aegypten aus in den Occident vor.

Die Kalender der Alten, ihre sogenannten Parapegmen, sollen nach *Theon* eine chaldäische und ägyptische Erfindung sein. Es waren darin die jährlichen Auf- und Untergänge der Fixsterne mit den Wechseln der Witterung bemerkt.

Die übrigen alten Völker sind für die Entwickelung der Astronomie weniger wichtig gewesen. Sie mögen deshalb hier kurz erwähnt werden.

Die Aegypter. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Aegypter seit den ältesten Zeiten Astronomie getrieben. Demungeachtet ist es höchst befremdend, dass *Ptolemaeus*, der in Alexandrien lebte, keine einzige Aegyptische Beobachtung anführt. Vielleicht, dass die Eifersucht der Landes-Priester gegen die griechischen Einwanderer die Mittheilung hinderte. Das einzige ganz

sichere Datum ist die Kenntniss des Jahres von 365¼ Tagen, welche bei den Aegyptern aus der Sothischen Periode hervorgeht. Das beste Werk darüber ist von *Bainbridge Canicularia*, der einzige Schriftsteller, der uns darüber belehrt, ist *Censorinus* in „de die natali" (238 p. C.). Nach ihm hiess diese Periode *ενιαυτὸς κυνικός* oder *ἡλιακός* und umfasste 1460 julianische Jahre, fing an mit dem heliakischen Früh-Aufgange des Sirius und ein Anfang derselben war 20. Juli 139 p. C., wo das erste Jahr einer neuen Periode begann. Hiernach muss sie rückwärts 1322 a. C. und 2782 a. C. begonnen haben. In der That findet *Ideler* in seiner Chronologie, dass für diese Jahre unter dem Parallel von Heliopolis der Früh-Aufgang 2782 a.C. mit ⊙ = 91°37', 1322 a.C. ⊙ 102°43', 139 p.C. 114°46', also 20. Juli 7^h Morgens, 19. Juli 6^h Abends, 20. Juli Morgens eintrat. Dieser Früh-Aufgang erfolgte damals um die Sonnenwende und traf zusammen mit dem Anfange des periodischen Steigen des Nils, welches so wichtig für Aegypten war. Wahrscheinlich hängt der Anfang ihres Jahres damit zusammen, da der erste Monat Thoth hiess und α Canis majoris *σωθις* oder *σηθ* bei den Ägyptern geheissen hat, was dasselbe Wort ist. Sie behielten das feste Jahr von 365 Tagen bei, nach *Geminus*, damit das Fest der Isis und die übrigen Feste alle Jahreszeiten durchwanderte. *Tacitus* Annal. 17. 28 erwähnt bildlich, einige legten dem Phönix ein Alter von 1461 Jahren bei. Auch soll es nach *Firmicus* das grosse Jahr sein, in welchem die 7 Planeten zu ihren ursprünglichen Stellen zurückgeführt werden. Ungemein interessant für die Verbindung der Aeren ist noch die Bemerkung, dass, wenn der scheinbare Früh-Aufgang des Sirius 1322 a. C. auf den 20. Juli fiel und der Anfang des bürgerlichen Jahres der Aegypter alle 4 Jahre um einen Tag vorrückt, er nach 575 um 144 Tage vorrücken musste und sonach der Anfang des bürgerlichen Jahres, welches mit 747 a. C. zusammenfällt, auf den 26. Febr. des julianischen Jahres kommt. In der That aber ist der Anfang der Nabonassarischen Aera der 26. Febr. 747 a. C. und fällt also mit dem Anfang des damaligen Jahres von 365 Tagen völlig zusammen.

Sonst kommen nur wenige Data vor, die auf die astronomischen Kenntnisse schliessen lassen. So erwähnt *Cleomedes* (zur Zeit des Augustus), der eine Kreistheorie der Himmelserscheinungen schrieb, dass sie zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen

durch eine Wasseruhr den Durchmesser der Sonne $= \frac{360}{750} = 28{,}8$, *Macrobius* dagegen in seinem Commentar zu Cic. somnium scipionis zu *Honorius* u. *Theodos.* jun. Zeit, dass sie durch die Scaphe $\frac{180}{108} = 1°40'$ (?) gefunden hätten. Am merkwürdigsten ist die Stelle bei *Macrobius*, wo er sagt, sie hätten gefunden, dass der Kreis, in welchem die Sonne sich bewegt, von dem Kreise des Merkur als einem untern eingeschlossen werde, und diesen wieder der Kreis der Venus einschliesse, so dass diese Gestirne in dem obern Theile ihrer Kreise jenseits, in dem untern diesseits der Sonne sich befänden. *Vitruv* erklärt, ohne dass dabei der Name der Aegypter erwähnt wird, dieses ganz richtig aus der Erscheinung der Venus als Abend- und Morgenstern. *)

Alle andern Völker haben für den gegenwärtigen Zweck kein Interesse, weil unsere jetzige Astronomie nicht auf sie sich stützt. Die Indischen Tafeln z. B. haben 2 Haupt-Epochen, 3102 a. C. und 1491 p. C. In der ersteren soll eine allgemeine Conjunction der Sonne, des Mondes und der Planeten stattgefunden haben, die sich auch richtig aus der zweiten ergiebt, wenn man die Stellung der Planeten und ihre Bewegungen so annimmt, wie die Indischen Tafeln sie geben. Da aber unsere Tafeln diese nicht geben, so gründet sich diese alte Epoche bloss auf eine Zurückrechnung und ausserdem können einige Elemente der Indischen Tafeln nur vor ganz undenklichen Zeiten stattgefunden haben. Es scheint Alles darauf hinzudeuten, dass die Indier keine alten Beobachtungen aufzuweisen haben und ihre Theorien und Rechnungsarten erst von dem Occident durch die Araber und Eroberer von Indien erhalten haben.

Etwas mehr Stoff bieten die Chinesen dar. In den Annalen derselben, von *Mailla* übersetzt, sind von 2159 a. C. — 1699 p. C. 460 Finsternisse aufgeführt, unter welchen aber nur eine Mond-

*) Die Orientirung der Pyramiden, wenn sie so scharf ist als man annimmt, setzt keine grösseren Kenntnisse voraus, als man wegen der Canalbauten bei den Aegyptern voraussetzen darf. Die Anecdote, dass *Thales* sie gelehrt hätte, durch den Schatten die Höhe der Pyramiden zu messen, mag ein Missverständniss sein. Das hohe Alter, was man den Thierkreisen zu Denderah und Esne zuschreibt, soll durch die Lesung der Hieroglyphen widerlegt sein. Der erste soll unter *Tiberius* vollendet, der zweite nicht viel älter als aus der Zeit des *Hadrian* sein.

finsterniss ist, was allerdings dieses Verzeichniss sehr verdächtig macht. Auch sind bloss die Data ohne alle Nebenumstände, nicht einmal die Grösse, wie bei den Chaldäern, genannt, ebenso wenig, ob nördlich oder südlich die Finsterniss stattgefunden, und die beiläufige Zeit des Anfangs und Endes. Von allen diesen sind nur 16 von dem Jesuiten *Gaubil* so gut es ging, verificirt worden. Man schiebt die gänzliche Vernachlässigung der Astronomie, welche die Jesuiten mit dem Geschäft der Vorausberechnung beauftragen liess, auf eine allgemeine Bücherverbrennung auf Befehl eines ihrer Kaiser 221 a. C.

Am interessantesten ist ein Manuscript, erwähnt in der Connaissance des temps für 1809 p. 382, worin einige alte Gnomenbeobachtungen aufgeführt sind. Im Jahre 1100 a. C. war bei einem Gnomon von 8 Toisen der Sommersolstiziumschatten 1,5, der Wintersolstiziumschatten 13,0. Man findet hieraus eine Schiefe der Ekliptik $\varepsilon = 23^\circ 54'$. Diese Angabe stimmt sehr nahe mit der neueren Theorie. Aber sie wird unsicher, theils durch die rohen Zahlen, theils dadurch, dass *Gaubil* das Maass 1,5 „selon une tradition“ angiebt und das Maass 13,0 „selon une tradition pas si sure que la première“. Um den möglichen Fehler zu schätzen, kann man bedenken, dass wenn a für das Sommersolstizium, b für das Wintersolstizium, g für den Gnomon gilt und z und z' die Zenithdistanzen bezeichnen, man hat:

$$tg\, z = \frac{a}{g} \qquad\qquad tg\, z' = \frac{b}{g}$$

und daraus nach Anbringung der Refraction ϱ und ϱ' und der Parallaxe p und p' und des Halbmessers der Sonne R, R'

$$\begin{aligned} \varphi - \varepsilon &= z' + \varrho - p + R \\ \varphi + \varepsilon &= \zeta' + \varrho' - p' + R' \end{aligned}$$

daher die Polhöhe φ

$$\begin{aligned} \varphi &= \tfrac{1}{2}(z' + \zeta') + \tfrac{1}{2}(\varrho + \varrho' - p' - p + R' + R) \\ \varepsilon &= \tfrac{1}{2}(\zeta' - z') + \tfrac{1}{2}(\varrho' - \varrho - p' + p + R' - R). \end{aligned}$$

Es wird folglich $\quad d\varepsilon = \tfrac{1}{2}(d\zeta' - dz')$

$$= \frac{g\, db}{2\,(b^2 + g^2)} - \frac{g\, da}{2\,(a^2 + g^2)}.$$

Wendet man dieses auf die obigen Zahlen an, so wird in Minuten

$$d\varepsilon = 59'0\, d b - 207'56\, d a.$$

Es genügt folglich ein Fehler von 0,05 in a um ε etwa 10′ zu ändern. Dieses ist aber die Aenderung, welche die Schiefe der Ekliptik in etwa 1250 Jahren erleidet. Schon aus diesem Grunde wird man solchen Angaben kein Vertrauen schenken können. Hierzu kommt noch, dass *Delambre* I, 393 anführt, es werden genau dieselben Zahlen für den Schatten als in Nanking 237 p. C. beobachtet angeführt und *Gaubil* bemerkte dabei, dass solche Versetzungen um 1300 Jahre bei den Chinesen nichts ungewöhnliches sei. Indessen hat *Laplace*, Conn. d. temps 1811 pag. 429, diese und einige ältere Beobachtungen berechnet und die beste Uebereinstimmung gefunden. Neuere Chinesische Beobachtungen, die indessen erst 50 a. C., 173 p. C. etc. gemacht sind, lassen, weil Hunderttheile von Fussen angegeben sind, mehr Genauigkeit erwarten; aber auch hier sind die Ungewissheiten zu gross.

Wie in so vielen andern Wissenschaften, haben auch die Griechen in der Astronomie zu der theoretischen Behandlung die Bahn gebrochen. Sie sind die Schöpfer unserer jetzigen Astronomie. Bei aller Anerkenntniss dieses grossen Verdienstes sollte man indessen doch nicht vergessen, dass die Materialien aus dem Orient und Ägypten sind. Dahin weisen alle Quellen zurück und man darf nicht übersehen, dass es lauter griechische Quellen selbst sind, die es thun. Alle Männer, die zuert sich bei den Griechen mit Astronomie beschäftigt haben, sind im Orient gewesen. Wenn deshalb auch spätere und meistens, nach *Ideler*, unzuverlässige Schriftsteller die Kenntnisse des Orients ganz herabwürdigen und Alles, auch die einfachsten und im Orient bekannten Hülfsmittel, als von den Griechen erfunden ausgeben, so scheint es der Gerechtigkeit gemäss, hierin sich bestimmte Schranken zu setzen. Man kann ohne Bedenken die theoretische Form als von den Griechen erst eingeführt ansehen. Man kann auch künstliche Combinationen als von ihnen zuerst abgeleitet annehmen. Aber einfache Resultate, die ausserdem noch eine viele Jahrhunderte lang fortgesetzte Beobachtung verlangen, sind gewiss aus dem Orient zu ihnen gekommen, schon deshalb, weil die priesterlichen Einrichtungen der Griechen keine solche Stetigkeit erlaubten. Von die-

sem Gesichtspunkte aus erledigen sich die meisten Streitfragen leicht.

Es sollen hier zuerst kurz angeführt werden die Griechen, welche astronomische Data angaben vor der alexandrinischen Schule oder eigentlich vor *Ptolemaeus* mit Ausschluss des *Hipparch*, den wir von *Ptolemaeus* kaum trennen können, da wir so gut wie Alles über den Einen nur durch den Andern wissen.

Homer nennt die Plejaden, Hyaden, Bootes, den Wagen oder grossen Bären, den Orion und den Stern des Herbstes, für den man den Sirius nimmt. Eine Stelle in der Odyssee XX. 356, wo er von einer eingetretenen Dunkelheit spricht, braucht nicht als eine Sonnenfinsterniss verstanden zu werden. *Herodot* braucht übrigens von einer Sonnenfinsterniss, die Xerxes im Anfange der Perserkriege erschreckte, ungefähr dieselben Worte.

Hesiod (800 a. C.) räth den Aufgang und Untergang derselben Sterne zu beobachten. Selbst *Plato* urtheilt, dass die dazu nöthigen Kenntnisse nicht als eigentliche Astronomie anzusehen sind.

Thales aus Milet (640 a. C. geb.) wird als der Schöpfer der Astronomie bei den Griechen angesehen. Indessen wenn man von den Titeln verlorener Werke über nautische Astronomie und einem Buch vom Aequinoctium und Solstizium absieht, und auch solche Data, dass er die Ursache der Finsternisse angegeben, die Bewegung der Sonne in Declination gefunden, den Himmel durch fünf Kreise: zwei Polarkreise, zwei Wendekreise und den Aequator abgetheilt, die sphärische Gestalt gelehrt etc. nicht zu hoch ananschlägt, so bleibt nur die Vorherverkündigung der Sonnenfinsterniss, welche den Kampf zwischen den Medern und Lydern beendigte. Die Worte des *Herodot* *οὖρον προθέμενος ἐνιαυτὸν, ἐν ᾧ δὴ καὶ ἐγένετο ἡ μεταβολή,* indem er als Grenze das Jahr angab, wann die Sonnenfinsterniss sich ereignete, zeigen, dass hier gar nicht von einer bestimmten Vorhersagung die Rede ist, sondern von einer nach chaldäischen Perioden allerdings möglichen.

Ueber diese Finsterniss, welche für die alte Chronologie so wichtig ist, siehe *Oltmans'* *) Abhandl. der Akad. 1812 und 1813, Mathem. Abhandlung p. 75. Die Meinungen schwankten zwischen

*) Auch Astronomisches Jahrbuch 1823 pag.197.

584—625 a. C. Da die Worte des *Herodot*, Verwandlung des Tages in Nacht, darauf hindeuten, dass die Finsterniss total gewesen sei und da sie auch in Jonien sichtbar gewesen sein muss, so geht *Oltmans* alle Finsternisse in dieser Zeit durch und findet, dass keine diesen Bedingungen genügt (Schlachtfeld nach Volney in 39° Breite und 36° östl. Länge von Paris total, in 40° Breite und 36° östl. Länge sehr nahe total bis auf $\frac{1}{7}$ Zoll), als die Finsterniss vom Sept. 30 609 a. C. um 10 Uhr Vormittags.

Anaximander (610 a. C.) soll den Gnomon erfunden haben; er hat ihn sicher aus dem Oriente eingeführt und nach *Strabo* die erste geographische Karte gemacht. Auch soll er die Sonnenbahn und die Sphäre eingeführt haben.

Anaximenes ebenfalls aus Milet (530 a. C.) soll die Sonnenuhren erfunden und die erste in Lacedämon aufgestellt haben.

Anaxagoras aus Clazomene (500 a. C.) schreibt den Sternen, namentlich dem Monde, ähnliche Eigenschaften wie der Erde zu, Berge, Thäler, Wasser. Von ihm unterrichtet beruhigte *Pericles* die Athener über eine Sonnenfinsterniss, deren Erscheinen für das Jahr 431 a. C. angenommen wird.

Pythagoras (540 a. C.) kann hier nur in sofern interessiren, als bei *Boethius* bei Gelegenheit der Erklärung der Mensa Pythagorea berichtet wird, einige Pythagoräer hätten besondere Zahlzeichen, diverse formatos apices vel characteres, gebraucht und die Handschriften, die freilich alle jünger sind als die Einführung der arabischen Zahlzeichen in Europa, ihnen grosse Aehnlichkeit mit den arabischen geben. Ausserdem aber auch aus den dunkeln Worten des *Boethius*, nach *Ideler* Monatl. Corresp. XXVI. pag. 5, hervorzugehen scheint, dass *Pythagoras* wahrscheinlich von den Indiern die dekadische Charakteristik entlehnt habe.

(Fortsetzung folgt im 4ten Hefte.)

Vorlesungen

über

Geschichte der Astronomie im Alterthum

von

J. F. Encke,

mitgetheilt aus dessen schriftlichem Nachlasse von *C. Bruhns.*

(Fortsetzung.)

Interessanter für uns ist sein Schüler *Philolaus* (450 a. C.), bei dem sich vielleicht die Idee der täglichen Umdrehung der Erde zuerst findet. Die Worte bei *Diogenes Laertz* sind, er habe gelehrt: terram juxta primum circulum moveri et in orbem circumferri circa ignem seu solem obliquo circulo ad morem solis et lunae. Sieht man auch ab von einer Nachricht bei *Plutarch*, dass er die Sonne als den Wiederschein eines Lichtes ansah (simulacri simulacrum), so deuten doch ad morem solis et lunae darauf hin, dass das Copernikanische Weltsystem trotz des obliquo circulo hier nicht stattfindet. Noch bestimmter hat *Nicetas* aus Syracus dieses ausgesprochen, Cic. acad. quaest. IV. 39. *Nicetas* Syracusius ut docet Theophrastus (a. C. 324) solem lunam stellas supera denique omnia stare censet neque praeter terram rem ullam in mundo moveri quae cum circa axem se summa celeritate vertat et torqueat eadem effici omnia quae si stante terra coelum moveretur, atque hoc etiam Platonem in Timaeo dicere quidam arbitrantur sed paullo obscurius. Hier ist offenbar nur von der täglichen Umdrehung um die Axe die Rede, und dass diese von einem denkenden Manne als die einfachere gefunden sei, ist ganz erklärlich. Auch kennt sie *Ptolemaeus* in seinem Almagest Lib. I., wo er sagt, man habe die Erde sich um ihre Axe drehen lassen und diese Hypothese mache die Erklärung der Erscheinung weit einfacher, aber es sei theils gegen die Natur, dass die leichteren Körper (die Gestirne) keine Bewegung hätten und dagegen der schwere

und dichte der Erde eine so schnelle und gleichförmige, dass Alles, was nicht fest mit ihr verbunden sei, in entgegengesetztem Sinne zu gehen scheine. Keine Bewegung nach Osten werde schnell genug sein, um der Erde zuvorzukommen, Alles müsse zurückbleiben, und wenn man annehme, dass die Atmosphäre mit der Erde diese gemeinschaftliche Bewegung theile, so müsse man dasselbe auch von Allem, was in der Atmosphäre sich befindet, sagen, wenn man nicht setze, dass Alles dieses gleichsam einen Körper mit der Erde und ihrer Atmosphäre bilde. Dann aber bleibe Alles in seiner relativen Lage und es finde keine Verschiebung statt.

Diese Betrachtungen zeigen ganz deutlich, dass die tägliche Umdrehung vor *Ptolemaeus* erkannt war; aber aus mangelhaften Begriffen der Mechanik und aus dem fehlenden Begriff einer Anziehung, welche das Schwebende mit der Erde verbindet, aufgegeben wurde, sowie auch aus dem Mangel einer richtigen Vorstellung von dem, was man als fest betrachten soll. *Delambre* wirft mit Unrecht dem *Ptolemaeus* vor, dass er sich nicht über die Ideen seiner Zeit erhoben und sie reiflicher discutirt habe. Wenn übrigens nach *Censorinus*, (238 p. C.) de die natali, *Philolaus* ein grosses Jahr von 59 Jahren annimmt, in welchem ausser den 12 Monaten eines jeden 21 Monate eingeschaltet werden, so muss er 729 synodische Monate = 59 Sonnen-Jahre gesetzt haben oder den synodischen Monat = 29½ Tage, das Jahr = 364½ angenommen haben, also sehr irrig.

Wir kommen nun zu der noch jetzt gebräuchlichen 19jährigen Periode, deren Entwickelung bei den Griechen sich ziemlich verfolgen lässt. Die Griechen hatten von Alters her wahre Mondsmonate, die sie unmittelbar nach den Mondphasen ordneten. Zum ersten Monatstage machten sie den, an welchem sie die Mondsichel zuerst in der Abenddämmerung erblickten (ähnlich wie noch später die Hebräer thaten). Bei der ungefähren Länge des Monats von 29½ Tagen erhielten sie so Monate von 29 und 30 Tagen. Die Feste sollten aber nach väterlicher Sitte zugleich in einerlei Jahreszeit gefeiert werden. Bei der Länge eines Mondjahres von 354 Tagen musste deshalb von Zeit zu Zeit ein Schaltmonat *μὴν εμβόλιμος* hinzukommen. Man nimmt an, dass sie seit Einführung der olympischen Spiele darüber gemeinschaftliche Verabredungen

trafen. Den weiteren Gang können wir nur nach viel späteren Schriftstellern, *Geminus* (70 a. C.) und *Censorinus* (238 p. C.), verfolgen. Wahrscheinlich führte *Solon* (594 a. C.) volle und hohle Monate abwechselnd ein und in Folge dieser Einführung gebrauchte man zuerst die Trieteris, die Einschaltung eines 30tägigen Monats, ein Jahr um das andere. Hierauf folgte eine Tetraeteris nach *Censorinus,* die indessen von Andern nicht erwähnt wird, sondern gleich zu der Octaeteris nach *Geminus* übergegangen, wonach 2922 Tage 99 Monate enthielten. Es ist nämlich (Angabe des *Geminus*) das Mondjahr $11\frac{1}{4}$ Tage kürzer als das Sonnenjahr, so dass in 8 Jahren 90 Tage = 3 Monate hinzugefügt werden mussten. Diese fanden statt im 3^{ten}, 5^{ten} und 8^{ten} Jahre. Da aber (nach *Geminus*) der Monat $29\frac{1}{2}+\frac{1}{33}$ Tage enthielt, also in 99 Monaten $2923\frac{1}{2}$ Tage, so waren diese $1\frac{1}{2}$ Tage länger als 8 Sonnenjahre, man nahm deshalb in jeder 16jährigen Periode ἑκκαιδεκαετηρίς 3 Tage hinzu und liess nach 160 Jahren einen Schaltmonat, den letzten in Octaeteris weg. Hiernach hatte man in 160 Jahren 58440 Tage in 1979 Monate getheilt oder das Jahr zu $365\frac{1}{4}$, den Monat zu 29,5301 gerechnet. Diese Verbesserungen scheinen indessen nicht in das bürgerliche Leben übergegangen zu sein, denn *Geminus* fährt unmittelbar fort: Da demnach die Octaeteris in allen Stücken fehlerhaft war, so haben die Astronomen *Euctemon, Philippus* und *Callippus* eine andere Periode, die neunzehnjährige, aufgestellt. Sie beobachteten nämlich, dass in neunzehn Jahren 6940 Tage und mit Einschluss von 7 eingeschalteten 235 Monate enthalten sind. Ihnen zufolge hält das Jahr $365\frac{5}{19}$ Tage und von den 235 Monaten nahmen sie 110 hohl und 125 voll an, so dass nicht immer ein hohler mit einem vollen Monat abwechselt. — In dieser Periode scheinen die Monate sehr gut bestimmt, aber das Jahr stimmt nicht, denn es enthält $\frac{1}{76}$ Tag zu viel ($\frac{5}{19}-\frac{5}{20}$). Diesen Ueberschuss hat *Callippus* ausgemerzt, indem er 76 Jahre = 940 Monate, worunter 28 eingeschaltete = 27759 Tagen aufgestellt hat. Diese Periode scheint am genauesten mit dem Himmel übereinzukommen. Der Name *Meton,* der sonst überall hier vorkommt, muss bei *Geminus* ausgefallen sein. *Meton,* dem im sicilischen Kriege eine Befehlshaberstelle zugedacht war, führte Olymp 87,1 oder 777—4 (86)—1 = 432 a. C. seinen Cyclus ein und zwar traf der 1. Hecatombaeon auf den 15. Juli d. J. *Meton* stellte hiernach unter

grossem Beifall einen neunzehnjährigen Kalender auf, wo neben den Monaten die Feste, die Sonnenwenden, Nachtgleichen und Fixsternerscheinungen beigeschrieben standen, sowie auch die Auf- und Untergänge der ausgezeichneten Sterne. Nach der callippischen Periode sind eine ganze Reihe von Beobachtungen aufgeführt, welche für das Epochenjahr 330 a. C. geben. — Wer die Octaeteris angegeben hat, wird nirgends erwähnt, denn wenn *Censorinus* den *Eudoxus*, Zeitgenossen des *Plato*, der mit diesem in Aegypten gewesen sein soll und dort astronomische Kenntnisse gesammelt, dafür nennt, so kann dieser, der später als *Meton* (390 a. C.) lebte, doch nur ihr Verbesserer gewesen sein. Eben so *Eratosthenes*, der nach *Geminus* auch darüber geschrieben.

Dieser 19jährige Cyclus ist noch jetzt im Gebrauch und wird bei unserer Osternrechnung angewandt. Seine Genauigkeit ergiebt sich für unsere Zeit aus dem Kettenbruche

$$\frac{29,530589}{365,24222} = \cfrac{1}{12 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{17 + \ldots}}}}}}}$$

woraus die Brüche

$$\frac{1}{12},\ \frac{2}{25},\ \frac{3}{37},\ \frac{8}{99},\ \frac{11}{136},\ \frac{19}{235},\ \frac{334}{4131}\ \text{entstehen.}$$

Es findet sich also in dieser Reihe die Trieteris, die Octaeteris und die *Meton*'sche Periode und der Fehler der *Meton*-Periode ist $< \frac{365,24222}{4131}$ Tage. Es ist

$$365,24222.\left(\frac{19}{235} + x\right) = 29,530589$$

$$365,24222.\quad 19 - 235.\quad 29,530589 < \frac{365,24222}{4131} < 0,09 \text{ Tage},$$

in der That ist 19. 365,24222 = 6939,60218
und 235. 29,530589 = 6939,688415,

so dass der Fehler hiernach in etwa 120 J. einen Tag betrüge.

Auf diese Periode gründet sich die Epaktenrechnung. Man bezeichnet damit den Ueberschuss eines bestimmten Zeitraums über einen andern (ἐπάγειν einschalten). Sie giebt das Alter des Mondes, vom Neumonde an gerechnet, am 1. Januar in ganzen Tagen ausgedrückt. Trifft ein Neumond auf den 1. Januar, so erhält der Tag im gregorianischen Kalender die Epakte 0 oder * und alle Tage abwechselnd zu 30 und 29 genommen, erhalten dasselbe Zeichen. Im nächsten Jahre hat Jan. 1 eine XI., im zweiten XXII. So fiel 1577 der Neumond auf Dec. 31 des vorigen Jahres, folglich hatte Jan. 1. die Epakte I. und da $\frac{1577}{19} = 83$, so findet man bis 1700, bis wohin regelmässig eingeschaltet ward, die Epakte, welche zu einem Jahre dieses Cyclus gehört, durch folgende Rechnung. Man nenne den Rest von $\frac{\text{Jahresz.}}{19} + 1 =$ güldene Zahl $= z$, welches die Zahl des Jahres in dem Mondscirkel von 19 Jahren ist und findet daraus

bis 1700 die gregorianische Epakte $= 11z - 10 \ - n.30$
zwischen 1700 u. 1900 " " " " $= 11z - 11 \ - n.30$
" 1900 u. 2200 " " " " $= 11z - 12 \ - n.30$,

wobei die Epakte zwischen I. und XXX. inclusive liegt. Die Zahlen 10, 11, 12 rühren von der Differenz des Datums im gregorianischen und julianischen Kalender her. Es ist nämlich angenommen worden, dass das Sonnenjahr völlig ausgeglichen würde durch Weglassung der Schalttage in den Jahren 1700, 1800, 1900, 2100.

Wir kommen nun zu der Zeit, wo das alexandrinische Museum gestiftet wurde. Alle Nachfolger *Alexander*'s zeichneten sich durch Unterstützung der Wissenschaften aus, wie er selbst es gethan. Schon *Ptolemaeus I. Lagi* (323 — 284 a. C.) versammelte in Alexandrien einen Kreis von Gelehrten um sich und liess durch *Demetrius Phalereus* den Grund zu einer Bibliothek legen. Bei seinen vielen Kriegszügen mag indessen die völlige Begründung der Anstalt ihm noch nicht gelungen sein, sondern unter seinem Sohne *Ptolemaeus Philadelphus* (284 — 246 a. C.) erst zur Wirklichkeit gekommen. *Parthey* „das Alexandrinische Museum 1833" setzt die Gründung noch etwas früher, als man gewöhnlich (284—282 a. C.) annimmt.

Von den astronomischen Arbeiten auf demselben haben wir fast nur durch *Ptolemaeus*' Almagest Kenntniss und da auch so gut wie alle Gelehrte entweder in Alexandrien waren oder doch mit dem Museum in Verbindung standen, so wird es am zweckmässigsten sein, die Namen und Verdienste derselben erst durchzugehen und dann den Almagest von *Ptolemaeus* vollständig durchzunehmen.

Die mathematische Form, welche die Astronomie jetzt annimmt, ist vielleicht von *Plato* angeregt worden, der die Mathematik als die Grundlage der Astronomie ansah und darauf drang, dass man in der Astronomie, wie in der Mathematik, Sätze und Beweise einführen müsse. Wir seien von der Natur ausgerüstet, um bei Betrachtung der Bewegungen der Gestirne, die Schönheit und Ordnung derselben bewundern zu können und müssten von zufälligen und ungeordneten Bewegungen uns losmachen. Wenn *Plato* dieses wirklich zuerst angeregt hat, so ist er einer der verdienstvollsten Beförderer der Wissenschaft geworden. Er soll nach *Plutarch* die Aufgabe gestellt haben, die astronomischen Bewegungen durch Kreise darzustellen.

Zuerst treffen wir hier ausser auf *Euclid* auf einen Schüler des *Aristoteles*, *Eudemos*, der eine Geschichte der Astronomie geschrieben haben soll. Aus einem kleinen übriggebliebenen Fragmente geht die interessante Notiz hervor, dass die Schiefe der Ekliptik der Centri-Winkel des 15-Ecks, also 24° sei, die erste Zahlen-Angabe für diesen Winkel. Von geringerer Wichtigkeit für unsern Zweck ist das Buch von *Aristoteles de Coelo*, was *Simplicius* commentirt hat und woraus nachher noch etwas angeführt werden soll.

Sehr berühmt war im Alterthum *Aratus*' Gedicht (aus Sotis in Cilicien 270 a. C.) *φαινόμενα*, eine poetische Bearbeitung zweier Werke von *Eudoxus* aus Cridos (370 a. C.). Es ist eine Beschreibung der Constellationen nach den noch jetzt üblichen Bildern. Auffallend ist, dass er Wega in der Leier übergeht. Von den Planeten erwähnt er, dass ihr Lauf nur durch die Sterne zu erkennen sei, woraus *Delambre* schliesst, dass die Armillarsphäre oder das Astrolabium ihm noch unbekannt gewesen. Er erwähnt der Kreise des Aequators, der Ekliptik, auch ihrer zwölf Zeichen, der Wendekreise, des Thierkreises und der gleichzeitigen Auf- und

Untergänge der Gestirne, nach ganzen Constellationen, aber freilich auf eine so unbestimmte Weise, dass sich nicht viel daraus schliessen lässt. Auch lassen sich die Angaben über die Sterne, welche nicht untergehen und welche sichtbar sind, sowie andere mit der Tageslänge zusammenhängende Daten sich nicht mit einer Polhöhe vereinigen. Man muss daraus schliessen, dass *Aratus* und selbst sein Vorgänger *Eudoxus*, ihre Beschreibung nicht aus eigenen Beobachtungen, sondern nur nach einem schlechten Globus vielleicht gemacht haben oder nach Mittheilungen anderer Beobachtungen, welche zu verschiedener Zeit und unter verschiedenen Polhöhen angestellt waren. Das Gedicht erfreute sich im Alterthume eines ungemeinen Beifalls. Es ward übersetzt von *Cicero, Caesar Germanicus* und *Avienus*. Auch verfertigte man Sphären von *Aratus*.

Weit wichtiger war *Aristarch* von Samos (264 a. C.), dem wir mehrere sehr merkwürdige Entwickelungen verdanken. Zuerst ist uns noch ein Buch von ihm, von den Grössen und Entfernungen, übrig geblieben, in welchem er die Entfernung der Erde von der Sonne aus der Dichotomen-Gestalt des Mondes und dem Winkel an der Erde bestimmt. Er sagt, dieser Winkel sei 87° und berechnet daraus die Entfernung der Erde von der Sonne zu 18- und 20mal so gross, als die des Mondes. Sie würde hiernach 19,11 sein. Die Art des Beweises ist insofern merkwürdig, als es aus dem Satze, dass $\frac{tg\, m\, a}{tg\, a} > \frac{m\, a}{a}$ ist, beweist, dass sie > 18 und aus dem Satze m Chorde $a >$ Chorde $m\, a$, dass sie < 20 sei. Er kannte folglich noch keine ebene Trigonometrie. Er berechnet daraus das Volumen der Sonne, weil der Mond und die Sonne scheinbar gleiche Grössen haben. Der Winkel ist freilich sehr irrig, da er nur 89″51′4 beträgt, bei dem Verhältniss der Entfernungen 1 : 400. Eben so irrig ist seine Angabe des Durchmessers des Mondes $= 2°$, woraus er übrigens ganz richtig findet, dass der Durchmesser des Mondes $< \frac{2}{45}$ und $> \frac{1}{30}$ seiner Entfernung ist.

Bei weitem am merkwürdigsten ist aber das, was *Archimedes* von ihm in seinem ψαμμίτης anführt. Man weiss, sagt dieser, dass nach den Astrologen die Erde im Centrum der Weltsphäre steht; dieses hat *Aristarch* in dem Buche, was er gegen sie geschrieben, widerlegt. Er behauptet darin, die Welt sei viel grösser.

Er nimmt an, dass die Sonne ebenso wie die Sterne unbewegt ist und dass die Erde um die ruhende Sonne einen Kreis beschreibt und die Sphäre der Fixsterne, in dessen Mittelpunkt die Sonne, so gross ist, dass der von der Erde beschriebene Kreis sich zu ihm verhält, wie das Centrum zur Oberfläche der Kugel. *Archimedes* fügt hinzu, dieses letztere ist unmöglich, weil ein Punkt nicht mit einer Fläche verglichen werden kann. Man muss annehmen, *Aristarch* habe sagen wollen, die Erdkugel verhält sich zur Kugel, deren Halbmesser die Entfernung der Sonne von der Erde ist, wie diese zur Sphäre der Fixsterne. — Auf diese Annahme stützt *Archimedes* seinen Beweis, dass es möglich sei, die Zahl der Sandkörner in dieser letzten Sphäre auszudrücken. *Aristarch* soll wegen dieser Meinung nach *Plutarch* von *Cleanthes* der Gottlosigkeit angeklagt sein. Auch führt *Ptolemaeus* von ihm eine Beobachtung des Solstiziums an.

Der Zusammenhang der Ideen von *Aristarch* lässt ihn als einen der grössten Denker erscheinen.

Ein ebenso merkwürdiger Mann war *Eratosthenes* aus Kyrene, geb. 276—196 a. C., wo er wegen Augenschwäche sich durch Enthaltung von Speisen den Tod gegeben hat. Seine Blüthezeit fällt 214 a. C. Er soll nach Alexandrien von *Ptolemaeus III. Euergetes* berufen sein, wo er unter den Vorstehern der Bibliothek aufgeführt wird. Zuerst soll er die Armillarsphären in Alexandrien aufgestellt haben, von denen nach *Ptolemaeus* die älteste die grösste war. *Ptolemaeus* giebt aber weder die Dimensionen noch die Art an, wie man sich der richtigen Aufstellung versichert hat. *Flamsteed* glaubt aus einer Stelle bei *Proclus* (aus dem 5. Jahrhundert) schliessen zu können, dass sie 3 füssig und von 5 zu 5 Minuten getheilt waren. Er fand damit $2\varepsilon = \frac{11}{83} = 47^\circ 42'65$ oder $\varepsilon = 23^\circ 51'3$, wahrscheinlich mit einer sogenannten Solstizial-Armillarsphäre. *Ptolemaeus* beschreibt sie so: Man mache einen kupfernen Kreis, stelle ihn in den Meridian, und stelle darauf kleine Gnomons, damit wir aus dem Moment, wo der Schatten des vorderen auf den untern fällt, die Höhe der Sonne bestimmen können.

Ausserdem ist er durch die erste Gradmessung berühmt, denn *Aristoteles* „de Coelo“ sagt zwar, einige Mathematiker hätten den Umfang zu 400,000 Stadien angegeben, doch ohne Näheres

zu melden. Er scheint es nur als eine Bestätigung der sphärischen Gestalt der Erde anzusehen, die, wie er hinzufügt, auch nicht gross ist gegen die Grösse der andern Gestirne. (*Ideler* Gradmessung der Alten M. C. XXIII. 453). Sein Verfahren kennen wir aus *Cleomedes κυκλικὴ θεωρία τῶν μετεοριῶν* (lebte zu *Cicero*'s Zeit oder etwas später, er kennt den Zeitgenossen *Cicero*'s, *Posidonius*, aber nicht *Ptolemaeus*). Syene und Alexandrien liegen unter einem Meridian, folglich unter einem grössten Kreise der Erde. Nun behauptet er, Syene liege unter dem Wendekreis des Krebses, (wahrscheinlich aus der bei *Strabo*, *Plinius* und *Eustathius* aufbewahrten Sage, es gäbe in Syene einen tiefen Brunnen, der am längsten Tage bis auf den Grund erleuchtet sei) mithin können die Gnomonen, wenn die Sonne den Sommerpunkt einnimmt und gerade kulminirt, keinen Schatten werfen und dieses begreiflich bis auf eine Weite von 300 Stadien. In Alexandrien dagegen werfen die Gnomonen einen Schatten in der Scaphe, der $\frac{1}{50}$ der Peripherie im Winkel ist. Da die Linien von den Schattenspitzen nach der Sonne parallel sind, so muss dieser Winkel, der in Alexandrien gefunden wird, auch der Winkel am Centrum der Erde zwischen Syene und Alexandrien sein. Nun hält der Bogen zwischen beiden 5000 Stadien. Es gehen folglich 250,000 Stadien auf den Erdumfang. — *Plinius*, der diese Messung auch anführt, nimmt 252,000 oder den Grad zu 700 Stadien an.

So richtig die Methode ist, so sind doch die Data theils unrichtig, theils unsicher. Nach *Nouet* liegt Alexandrien 27°35′ östlich von Paris, Syene 30°34′, folglich ist der Bogen zwischen beiden kein Stück des Meridians. Eben so findet er Syene 24°8′ nördlich und Alexandrien 31°13′. Bei der damaligen Schiefe 23°51′ sind *Eratosthenes*' Bestimmungen wahrscheinlich deshalb ungefähr um den Halbmesser der Sonne zu klein, weil die Schattenspitze des Gnomon sich auf den nördlichen Rand der Sonne bezieht. Löst man das Dreieck hiernach auf, so findet man die Distanz = 7°34′5. Was ferner die 5000 Stadien betrifft, die er nach *Martianus Capella* von den *βηματίσται*, mensores regii, erhielt, welche die Entfernung durch Ausschreiten oder Ausmessen bestimmten, so scheinen sie nach *Strabo* daraus entstanden, dass der Lauf des Nils von der kleinen Catarakte bis zum Ausfluss 5300 Stadien gerechnet wurden, also wegen der Umwege 300 von *Erathosthenes* abgezogen wurden.

D'Anville giebt an, dass er nach dem Laufe der römischen Wege 640 römische Meilen = 5120 Stadien, in gerader Richtung 560 römische Meilen = 4480 Stadien gefunden habe. Nach *Bessel* wird (Astr. Nachr. № 438) der Meridiangrad für 27°40′ der mittleren Breite = 56850 Toisen, und die azimuthale Richtung wird hier, wenn man das Azimuth am mittleren Punkte etwa 19°37′5 annimmt, noch etwas mehr geben, nämlich den dem Halbmesser der Krümmung entsprechenden Grad = 56882 Toisen. Hiernach würden aus 7°34′5 = 4480 Stadien folgen 1° = 591,43 Stadien und aus dieser Grösse 1 Stadium = $96^{T}17$. Diese Annahme ist auch die gewöhnliche, nach welcher 8 Stadien = 1 römische Meile von 5000 römischen Fuss und 1 römischer Fuss = 130‴7, folglich 8 Stadien = $756^{T}4$ oder 1 Stadium = $94^{T}55$ ist.

Legt man die von *Eratosthenes* angenommene Entfernung zum Grunde, so wird man folglich den Umfang bedeutend zu gross finden. Er hätte ihn aus seinen Bogen finden sollen = 360° 56882,5 = 2047770 Toisen und da, wenn 1 röm. Fuss = 130‴7 und 8 Stad. = 5000 röm. Fuss, 1 Stad. = $94^{T}55$, 1° = 601,6 Stadien, den Umfang = 216576 Stadien, während er 250,000 hatte.

Nach der Versicherung des *Plinius* soll *Hipparch* diesen Punkt von Neuem untersucht und noch 25000 Stadien mehr gefunden haben, was allerdings nicht recht glaublich ist. Immer ist das Verfahren des *Eratosthenes* auf richtigen Principien gegründet und gab wenigstens eine annähernde Grösse.

Derselbe oben erwähnte *Cleomedes* führt noch einen zweiten Versuch von *Posidonius,* dem Zeitgenossen *Cicero*'s an. Er nahm an, Alexandrien und Rhodus lägen unter demselben Meridian (Alexandrien liegt aber 2° westlicher), Canopus werde nur einen Augenblick bei seiner Culmination in Rhodus gesehen oder streife den Süd-Horizont (Canopus hat 52°25′ südl. Decl. und da Rhodus unter 36°26′ liegt, so kommt er bis zu 109′ wahrer Höhe und 1°30′ scheinbarer Höhe) und steige in Alexandrien bis 7°30′ hinauf, (Alexandrien liegt unter 31°13′, folglich wird die wahre Höhe 6°22′, die scheinbare 6°30′ sein) da nun, wie er selbst sagt, die Distanz beider Oerter 5000 Stadien zu halten scheine, so wird der Umfang 240,000 Stadien. Offenbar kann diese Distanz nur auf Schifferrechnungen beruhen, wie auch *Strabo* sagt. Sonderbar

übrigens ist es, dass *Strabo* statt dieser Zahl von *Posidonius* anführt, er habe den Umfang 180,000 Stadien und unter allen am kleinsten gemacht. — Vielleicht sind die 180,000 Stadien so entstanden, dass *Posidonius* das Maass von der Entfernung Alexandriens von Rhodus aus Karten entlehnte, in welchen der Grad zu 700 Stadien gerechnet, auf 5×700 oder $5\frac{1}{3} \times 700$ angesetzt war, also auf 3500 oder 3750 Stadien, das letzte ist der $\frac{1}{48}$ Theil von 180,000.

Man sieht hier übrigens, dass die Hypothese der verschiedenen Stadien, welche auf die Zahlen 400,000, 300,000, *(Archimedes)* 252,000, 240,000 und 180,000, die *Gosselin* in seiner Einleitung zum *Strabo* 1805 aufstellt, gar kein sicheres Fundament hat. Bei den Classikern kommt nirgends eine Andeutung vor, dass bei den Angaben der Entfernungen verschiedene Stadien gebraucht worden sind. Immer reduciren die Römer nach dem Verhältniss 8 Stadien = 1000 pass. Nur *Polybius* soll nach *Vitruv* einmal $8\frac{1}{3}$ gebraucht haben. Erst bei *Censorinus* wird ausdrücklich erwähnt, das Stadium des *Eratosthenes* zu 625 Fuss sei nicht das olympische zu 600 oder das pythische zu 500 gewesen.

Ueberhaupt ist bei *Simplicius* in seinem Commentar zu *Aristoteles* „de coelo" noch schärfer das Princip der neueren Gradmessung ausgesprochen. Die Astronomen suchten vermittelst der Diopter zwei Sterne, die genau 1° von einander abstanden und bestimmten die Entfernung zweier Punkte auf der Erde, die diese Punkte im Scheitel hatten, *δι' ὁδομετρίας*. *Simplicius* setzt diese = 500 Stadien und findet so 180000.

Man kann folglich hieraus nur schliessen, dass das richtige Princip der Gradmessungen den Alten bekannt war, die Ausführung aber mangelhaft; indessen doch hinreichend, um eine genäherte Vorstellung von den wahren Grössen-Verhältnissen zu geben.

Etwas älter als *Eratosthenes*, aber doch sein Zeitgenosse und mit *Conon* in Alexandrien, der das Haupthaar der Berenice an den Himmel versetzt haben soll, sehr befreundet war *Archimedes* (von 287 bis 212 a. C.) Seine mathematischen Theoreme vom Cylinder, dem Kegel und der Sphäre, vom Schwerpunkt des Dreiecks, von der Quadratur der Parabel, von der Rectification des Kreises durch ein- und umschriebene Polygone bereiteten auch

die Anwendung der Trigonometrie vor. Hier interessirt uns vorzüglich sein Planetarium, von welchem aus den Stellen bei *Ovid* und *Claudian* ziemlich sicher hervorgeht, dass es die Sonnen- und Mondbewegungen, sowie die Bewegungen der Sterne dargestellt hat. Andere beschreiben es als eine gläserne Kugel. Ob die Planetenbewegungen darin enthalten waren, scheint unsicherer. *Mart. Capella* schreibt ihm ein Werk zu über die Verfertigung der Sphären und *Plutarch* erwähnt im *Marcellus,* abweichend von der sonstigen Erzählung, dass er getödtet sei, als er astronomische Instrumente, Sonnenuhren, Sphären und Gnomonen zum *Marcellus* getragen, weil man sie für Gold hielt. *Ptolemaeus* führt von ihm Solstizialbeobachtungen an.

Astronomisch indessen vielfach interessant und hier zu erwähnen ist sein *ψαμμίτης* oder seine Sandmessung. Er wollte hier zeigen, dass man die Anzahl der Sandkörner, welche in dem Weltall Platz hätten, durch eine Zahl ausdrücken könne. Er nimmt deshalb alle Maasse grösser an, als absolut nothwendig ist. Statt 30 Myriaden Stadien für den Umfang der Erde nimmt er 300. Den Durchmesser der Erde setzt er grösser als den des Mondes und kleiner als den der Sonne, und zwar nimmt er den letzteren 30mal grösser als den des Mondes, obgleich die Alten und *Eudoxus* ihn nur 9mal, *Phidias* 12mal, *Aristarch* 18—20mal grösser gemacht hat. Ferner setzt er, dass der Durchmesser der Sonne grösser als eine Seite des 1000-Ecks, grösser als 21′6″, obgleich *Aristarch* ihn $\frac{1}{720} = \frac{1}{2}^{\circ}$ gemacht hat. Hier fügt er hinzu:

„Ich habe selbst versucht, den Durchmesser zu messen, was keineswegs leicht ist. Ohne weitläuftig zu sein möge es genügen zu zeigen, dass man zwei Winkel messen muss, einen grösser und einen kleiner, deren Scheitel im Auge liegen. Im Augenblicke des Aufgangs stellte ich einen Cylinder am Ende eines langen Lineals senkrecht auf und ebenso bei dem Untergange, und liess ihn so lange verschieben, bis er mir die Sonne verdeckte, dann wieder bis ein kleiner Lichtstreifen noch übrig blieb. Wäre unser Gesicht ein Punkt, so brauchte man nur Tangenten zu ziehen an den Cylinder von dem Orte des Gesichtes aus. Aber da unsere Augen nicht in einen Punkt zusammenfallen, so nahm ich einen andern Körper, nicht kleiner als der

Abstand beider Augen, zog dann die Tangenten an ihn und den Cylinder. Die Art, wie ich diesen Körper ermittelte, war folgende: Ich nahm zwei Cylinder, einen schwarzen dicht vor das Gesicht und einen weissen, und veränderte die Grösse dieser Cylinder so lange, bis der weisse vom schwarzen gerade verdeckt ward. Dadurch erhielt ich die Entfernung der beiden Augen. Als ich die Winkel auf den einen Quadranten auftrug, fand ich, dass der eine kleiner war als $\frac{1}{164}$ und der andere grösser als $\frac{1}{200}$. Folglich liegt der Durchmesser der Sonne zwischen 27′0″ und 32′56″."

Es geht hieraus hervor, dass man damals zur Messung des Sonnendurchmessers noch besondere Instrumente erfinden musste und dass *Archimedes* noch keine Trigonometrie und keine Chordentafeln hatte, sondern die Winkel durch unmittelbares Herumtragen der Chorde maass.

Er geht nun zur Berechnung über. Die Seite des 1000-Ecks ist kleiner als $\frac{2\pi}{1000}r$ oder r grösser als $\frac{1000}{2\pi}$, grösser als 159 Seiten des 1000-Ecks und da die Sonne kleiner als 30 Halbmesser der Erde, so ist der Halbmesser der Erdbahn kleiner als 4770 Halbmesser der Erde, oder der Durchmesser kleiner als 10,000 Durchmesser der Erde, und da dieser kleiner als $\frac{3000000}{\pi}$, kleiner als 1000000 Stadien, so ist der Durchmesser der Erdbahn kleiner als 10000000000 Stadien. Um diese Zahl zu schreiben nimmt er eine geometrische Progression an, deren Exponent 100000000 ist. Es sind also, wenn M eine Myriade von Myriaden bedeutet, die verschiedenen Zahlen M^0, M^1, M^2, M^3.. Einheiten von der ersten, zweiten, dritten etc. Ordnung. Er beweist nun das Lemma, dass $M^n . M^m = M^{m+n}$ und führt so die Multiplikationen aus, indem er immer die äusserste Grenze nimmt. Er setzt 10,000 Sandkörner grösser als 1 Mohnkorn und 1 Mohnkorn grösser als $\frac{1}{40}$ Zoll, grösser als $\frac{1}{480}$ Fuss, grösser als $\frac{1}{288000}$ Stadium, grösser als $\frac{1}{1000000}$ Stadium, folglich 1 Sandkorn grösser als $\frac{1}{100\,M}$ Stadium, folglich der Durchmesser der Erdbahn $= 10{,}000\ M^2$ und der cubische Inhalt $= M^7$, so dass er nur Einheiten von der 7. Ordnung braucht.

Man sieht hier den Begriff einer Aufsteigung nach Potenzen, aber ohne den Kunstgriff, den Grad der Potenz von der Stellung abhängig zu machen.

Ueberhaupt rechneten die Griechen in der Astronomie nach Einheiten und Unterabtheilungen von je 60, so dass sie eine Hülfstafel hatten um die Multiplikationen bis 60×60 auszuführen und nebenbei die Ordnungen gehörig unterscheiden mussten. Sonst ist ihre Rechnung der unsrigen mit complexen Zahlen ganz ähnlich. (Man sehe *Delambre* Astron. anc. T. II. Cap. I. und *Ideler* über die Trigonometrie der Alten M. C. Bd. XXVI. pag. 1 ff.). Zur Unterscheidung der verschiedenen Ordnungen diente das obige Lemma. Wenn z. B. 3766 mit 7238 zu multipliciren war, so stand die Rechnung etwa so (nach *Theon* Commentar zu *Ptolemaeus*):

$$\begin{array}{llllll}
\overset{2}{1} & \overset{1}{2} & \overset{0}{46} & & & \\
\overset{2}{2} & \overset{1}{0} & \overset{0}{38} & & & \\
\hline
\overset{4}{2} & \overset{3}{4} & \overset{2}{92} = \overset{4}{2} & \overset{3}{5} & \overset{2}{32} & \\
0 & 0 & 0 & & & \\
 & & \overset{2}{38} & \overset{1}{76} & \overset{0}{1748} = \overset{(2)}{38^2} & \overset{(1)}{105} \quad \overset{0}{8} \\
 & & & = & \overset{2}{39} & \overset{1}{45} \quad \overset{0}{8}
\end{array}$$

$$\text{also die ganze Summe } \overset{4}{2},\ \overset{3}{6},\ \overset{2}{11},\ \overset{1}{45},\ \overset{0}{8} = \left.\begin{array}{r} 25920000 \\ 1296000 \\ 39600 \\ 2700 \\ 8 \end{array}\right\} = 27258308$$

Das Princip ist hier folglich ganz das nämliche wie bei unserer Decimalrechnung, nur mit dem Unterschiede, dass die Ordnungen, welche wir durch die Stellen anzeigen, dort erst angedeutet werden mussten und dass ihre Zahlzeichen, da sie nicht nach den Ordnungen eingerichtet waren, noch eine besondere Uebereinkunft erforderten. Es ist beschämend für den menschlichen Geist, dass Männer wie *Archimedes* und *Apollonius* die einfache Manipulation, deren Princip sie vollständig inne hatten, nicht finden konnten.

Wenn wir weiter gehen, muss hier *Apollonius von Perga* (230—240 a.C.), der die Theorie des Epicykel begründete, erwähnt werden.

Der Zeitfolge nach würde hier *Hipparch* seinen Platz finden, den ich indessen übergehe, um seine Arbeiten bei *Ptolemaeus* vollständig zusammenzunehmen.

Zur Zeit des *Cicero* (70 a. C.) schrieb *Geminus* aus Rhodus seine *εισαγωγὴ εἰς τὰ φαινομένα.* Man pflegt es wohl als Commentar zu *Aratus* aufzuführen. Da indessen der Name nicht genannt ist, so muss man es als ein Lehrbuch der Astronomie ansehen. Das, was uns hier besonders interessiren kann, ist schon bei *Meton* aufgeführt. Ausser ganz richtigen Vorstellungen über die Finsternisse, findet sich keine neue Idee bei ihm. Eine ähnliche Einleitung, die aber wirklich ein Commentar zum *Aratus* war, ist von *Achilles Tatius*, den man 300 a. C. setzt. Er erwähnt auch die Anordnung der Planeten nach den Aegyptern, Saturn, Jupiter, Mars als die ersten drei, die Sonne als den vierten, Venus, Mercur und Mond als die letzten. Die Griechen hätten Mercur auf den vierten Platz gesetzt und die Sonne auf den sechsten. Er bestätigt sonach die Anordnung, die *Macrobius* den Aegyptern zuschreibt, so dass es mir scheint, als bezweifle *Delambre* diese mit Unrecht.

Es folgt dann *Cleomedes' κυκλικὴ θεωρία τῶν μετεωριῶν,* mehr eine Cosmographie als ein astronomisches Werk. Man setzt ihn in die Zeiten des *Augustus.* Ausser den schon angeführten Versuchen von Gradmessungen, ist hauptsächlich eine Erwähnung interessant, weil sie die erste Spur der Refraction enthält. *Cleomedes* sagt: Man hat erzählt, der Mond sei nahe am Horizonte, der Sonne gegenüber, verfinstert erschienen, während die Sonne auch über dem Horizonte war. Hieraus würde folgen, dass der Mond nicht im Schatten der Erde wäre, sondern die Mondfinsterniss eine andere Ursache habe. Man hat geantwortet, es sei möglich, dass die Dicke der Erde bewirke, dass Sonne und Mond zugleich über dem Horizont erscheinen können, das würde aber nur möglich sein, wenn die Erde nicht sphärisch, sondern ein Kegel sei, auf dessen Spitze der Beobachter stände. Hieraus schliesst *Cleomedes,* die Erfahrung sei gar nicht gemacht. Bei einer andern Ursache würde man nicht *ὑπὸ τῶν κανονικῶν* die Finsternisse voraussagen können.

Aber die Erfahrung ist sicher, *Plinius* führt zwar nur ein Beispiel an. In neueren Zeiten ist die Erscheinung häufig gesehen worden. Sie trifft immer ein für die Orte, wo der Mond um die Mitte der Finsterniss im Horizont steht.

In der That versucht auch *Cleomedes*, sie zu erklären. Wäre es nicht möglich, dass eine Wolke uns die Sonne reflektirte noch vor ihrem Aufgange oder nach ihrem Untergange? Hat man nicht Nebensonnen gesehen? Ist es nicht möglich, fährt er fort, dass der Strahl, der vom Auge ausgeht, indem er eine feuchte nebeligte Luftschicht durchschneidet, sich krümmt und die Sonne über dem Horizont erscheinen lässt? Dann würde das Phänomen dasselbe sein als das, wodurch man einen Ring am Boden des Gefässes, der direct nicht gesehen werden kann, sichtbar macht durch hineingegossenes Wasser. Dieses ist, wie man sieht, die richtige Erklärung, nur durch den Weg des Strahles vom Auge aus, der auch bei *Euklid* und bei *Ptolemaeus* vorkommt, verunstaltet.

Cleomedes giebt noch eine Aufzählung der Planetenerscheinungen und ihrer Perioden, die ziemlich richtig ist. Er hat hauptsächlich *Posidonius* benutzt und erwähnt nirgends *Hipparch*.

Andere Schriftsteller, welche verwandte Gegenstände berühren, mögen hier nur kurz erwähnt werden. Von *Theodosius* aus Bithynien (50 a. C.) haben wir „Sphaerica," die keine Spur von sphärischer Trigonometrie enthalten, nicht einmal den Namen sphärisches Dreieck, „*περὶ οἰκησείων*," die ersten Begriffe von mathematischer Geographie, „*περὶ ἡμερῶν καὶ νυκτῶν*, wo etwas von der ungleichen Bewegung der Sonne während des Jahres erwähnt ist, z. B., dass in gleichen Abständen von dem einen oder andern Wendekreise die *νυκτημέραι* gleich sein werden. *Hipparch* ist ihm unbekannt geblieben.

Menelaus, 80 p. C., hat uns 3 Bücher Sphaerica hinterlassen, worin die Grundtheoreme der Auflösung sphärischer Triangel bei den Alten enthalten sind. Da er so viel später als *Hipparch* lebte, aber vor *Ptolemaeus*, so kann man ihn nicht für den Urheber oder Erfinder halten. Sechs Bücher über die Berechnung der Chorden sind verloren.

Hypsicles, 146 p. C., hat das 14. u. 15. Buch dem *Euclid* hinzugefügt, über das Dodeca- und Icosaeder. Sein Tractat „anaphoricus sive de ascensionibus" führt auch den Titel „*περὶ ἀστρονομίας*." Es sind nur 6 Propositionen, bei denen er die Sätze der arithmetischen Progression anwendet, auf die (unrichtige) Interpolation einer Tafel. Um die Zeit zu finden, welche die einzelnen Zeichen

oder Grade der Ekliptik gebrauchen um aufzugehen, interpolirt er zwischen dem längsten und kürzesten Tage. Dieses Verfahren kommt darauf hinaus, dass wenn man die Summe der Glieder einer arithmetischen Progression kennt und das erste Glied, man für jede angenommene Zahl von Zwischengliedern die Reihenfolge angeben kann.

Setzt man $s = (2a + (n-1)\,d)\frac{n}{2}$, ist $d = \frac{2(s - an)}{n.(n-1)}$.
Wenn also $s = 180°$, a die Zeit, die das Zeichen des Widders gebraucht $= 21°40'$ und man die 180° in 6 Zeichen eintheilt, so wird $n = 6$, folglich $d = 3°20'$ und die Reihenfolge wird

24° 40′, 25° 0′, 28° 20′, 31° 40′, 35° 0′, 38° 20′.

Diese Tafel ist aber völlig falsch, weil die Zeiten des Aufgangs der verschiedenen Zeiten keine arithmetische Progression bilden.

Von ebenso geringer Wichtigkeit ist *Manilius'* astronomicon 10 p. C. Er giebt fast nichts, was nicht bei dem *Aratus* sich findet, nur mit weniger Einzelnheiten und ist mehr astrologisch als astronomisch. Selbst die Polhöhe, wenn man sie aus den angegebenen Erscheinungen sucht, ist die von Cnidos von 36°.

Strabo in seinem geographischen Werke (er starb wie man glaubt im 12. Jahre des *Tiber.*) theilt in Bezug auf die mathematische Geographie viele Notizen mit. Er citirt oft den *Hipparch*, aber nie den *Ptolemaeus*, muss also zwischen beiden gelebt haben. Er schreibt namentlich dem *Hipparch* das Verdienst zu, die Kreise des Himmels auf die Erde übergetragen zu haben. Wenn er übrigens sagt, *Pytheas* habe häufig zu Irrthümern geführt, z. B. dass er Byzanz auf demselben Parallel mit Marseille gesetzt, während es doch nördlicher sei, so sieht man, da Byzanz 2°13′ südlicher ist, wie wenig er seine Autoritäten kannte.

Die Werke von *Posidonius* sind sämmtlich verloren. Vielleicht, dass sein astronomisches System in dem, was *Cicero* im Liber II. „de natura deorum" giebt, am reinsten enthalten ist. Manche der dort gemachten Anführungen, namentlich über den Gang des Merkur und der Venus um die Sonne, sind klar und verständlich, ohne auf eigentliche wissenschaftliche Darstellung Anspruch zu machen. In seinen Briefen an *Tyro* wird die Übersendung einer Sonnenuhr erwähnt. Man hat in den Ruinen von Tivoli, die man für *Cicero*'s Tusculanum hält, einen Halbkreis von

Berosus gefunden, über den der Jesuit *Zuzzeri* eine Abhandlung geschrieben.

Endlich möge noch *Seneca*'s Naturales quaest. Liber VII., in welchem er von Cometen handelt, hier erwähnt werden, weil dieses Buch einen deutlichen Beweis giebt, wie ein unbefangener Denker manche Erscheinungen klarer auffasst, als ein durch verschrobene Theorien verdorbener Kopf. Zuerst lässt er sich darüber aus, dass man nur Ungewohntes anstaunt. „Ita enim compositi sumus, ut nos quotidiana, etiamsi admiratione digna sunt, transeant, contra minimarum rerum, si insolitae prodierunt, spectaculum dulce fiat"; dann untersucht er die Frage ob Cometen Gestirne sind „ejus conditionis cujus superiora." Er widerlegt die Ansichten, die sie aus atmosphärischen Ereignissen enstehen lassen. — Er geht dann darauf über, dass Cometen überall erscheinen „illud inprimis praesumendum est, Cometas non in una parte coeli adspici, nec in signifero tantum orbe," und dass sie nicht entstehen können durch eine Vereinigung oder den Wiederschein von anderen Gestirnen; „non magis certum est illud tempus quo appareant, quam locus ullus, ultra quem non exeant." Er führt die Meinung des *Appollonius Myndius* an „Cometem non unum ex multis erraticis effici, sed multos Cometas erraticos esse. Endlich kommt er, Cap. XXII., auf seine eigne Ansicht, die Cometen seien Gestirne, zwei Cometen zu seiner Zeit hätten die tägliche Bewegung gehabt. Es sei kein Einwand, dass sie ausser dem Zodiakus erschienen „Quis unum stellis limitem posuit? quis in angustum divina compellit?" Warum soll es bloss 5 Planeten geben? Auch bei Cometen „veniet tempus, quo posteri nostri tam aperta nos nescisse mirentur." Gegen die Körperlichkeit der Cometen streite nicht der Umstand, dass man durch ihren Schweif Sterne sehe. Es sei möglich, dass wie die Sonne ihre Strahlen weit versendet, so der Körper des Cometen „corrotundatur, splendor autem longior quam ceterorum siderum apparet."

Wir gehen jetzt zu *Hipparch*.

Der Commentar über den *Aratus* giebt dem *Hipparch* das Beiwort der Bithynier; auch *Strabo* nennt ihn *Bithynus*, *Suidas* dagegen *Nicaenus*, und *Ptolemäus* erwähnt nur, dass er in Rhodus beobachtet habe; ob auch in Alexandrien ist ungewiss. *Hipparch* erwähnt zuerst, dass die Dichter und Autoren weder Mathematiker

noch Astronomen waren, die gegen *Aratus* eine bittere Kritik ausgeübt hätten. Er wolle dies nicht, sondern eine genaue Rechenschaft von den Auf- und Untergängen geben, besonders von den Sternen, welche die 24 Stunden bestimmen. Er zeigt dann, dass *Aratus* den *Eudoxus* immer nur copirt habe. Die Fehler in der Anordnung der Bilder, die dieser begangen, seien auch bei jenem. Auch habe *Aratus* die Polhöhe des *Eudoxus* von 41° beibehalten, die sich daraus findet, dass *Eudoxus* den längsten Tag zu 15^h angiebt, woraus mit $\varepsilon = 23°51'20''$, da $\cos\tau = -tg\,\varphi\,tg\,\varepsilon$, $\varphi = 40°52'21''$ folgt, während in Griechenland der Gnomon im Aequator das Verhältniss 4:3 giebt, oder $tg\,\varphi = \frac{3}{4} = 36°52'$, woraus der längste Tag zu 14°35' folgt. *Aratus* sei noch zu entschuldigen, weil er nicht gesagt, für welchen Ort er geschrieben, aber *Attalus*, der das Gedicht geradezu für Griechenland bestimmt, habe Unrecht. An einer andern Stelle hat *Eudoxus* sogar $\varphi = 42°15'$; *Hipparch* fixirt die Polhöhe zu 37° (Athen hat 37°58'.)

Er critisirt nun die Fehler der Zeichnung, wobei sogleich das Merkwürdige vorkommt, dass er μ und ν Draconis $34\frac{3}{5}°$ vom Pol, β Draconis 35°, γ Draconis 37° setzt. *Hipparch* beobachtete also Declinationen wie *Timocharis* vor ihm schon. Diese Bestimmungen kommen innerhalb 10' mit unseren überein. Gleich nachher kommt mehreremale vor, der oder jener Stern ist auf seinem Parallel im 3° des Löwen, d. h. er hat die AR 123°, weil *Hipparch* den Aequator in 12 Theile theilt und jedesmal die Aequinoctien und Solstizien in den Anfang des Zeichens setzt, nicht wie *Eudoxus* in die Mitte. Er giebt dann an, welcher Punkt der Ekliptik mit einem bestimmten Sterne, z. B. im grossen Bären, culminirt oder aufgeht, was sphärische Trigonometrie voraussetzt. Endlich sind die Kritiken, die *Hipparch* über die Verzeichnung der Sterne im Aequator und den Coluren der Solstitien und Aequinoctien macht, richtig.

Im zweiten Buche geht *Hipparch* die gleichzeitigen Auf- und Untergänge durch, über welche er ein eignes, verloren gegangenes Buch *ἡ τῶν συνανατολῶν πραγματεία* geschrieben hat. Er hat ebenfalls 12 Bücher über die Berechnung der Chordentafel geschrieben und trigonometrische Aufgaben ganz bestimmt gelöst.

Da *Hipparch* sagt, alle seine Methoden seien geometrisch in seinem Buche über diesen Gegenstand bewiesen, und da seine Rechnungen oder Zahlen innerhalb 5′ mit den jetzigen Auflösungen nach der sphärischen Trigonometrie übereinstimmen, so kann man ihn als den Erfinder der sphärischen Trigonometrie ansehen.

Hipparch giebt dann in demselben 2ten Buche die nöthigen Zahlen für einzelne Sterne und für ganze Constellationen mit der Zeit, welche verfliesst, während sie durch den Horizont gehen. Er giebt z. B. von der Leyer an, dass die Constellation mit $7^z 8° 30'$ — $7^z 18° 0'$ der Ekliptik, aufgehe und in dieser Zeit den Meridian der Bogen der Ekliptik von $4^z 12° 30'$ bis $4^z 26°$ passire und es $0^h 48^m$ daure. Allerdings scheinen aber diese Zahlen nur genähert, z. B. findet man hier $\theta = 135° 3'3 - 148° 19'8$ oder die Dauer 53^m. Indessen ist der Umstand, dass *Hipparch* den Bogen der Ekliptik, der durch den Meridian geht, in Zeit verwandelt, wichtig für seine folgenden Arbeiten.

Das dritte Buch füllt fast ganz diese Tabelle von Zahlen für die einzelnen Sterne. Nur am Schlusse führt *Hipparch* die einzelnen Sterne auf, welche zu bestimmten Stunden nach jedem Äquinoctium und den Coluren der Solstizien durch den Meridian gehen, um danach die Zeit einer Erscheinung zu bestimmen. Es tritt hier folglich unsere Art der Zeitbestimmung im Meridian schon auf.

So z. B. sagt *Hipparch*, dass die erste Stunde nach dem Wintersolstizium (19^h) bezeichnet werde durch den nördlichsten Stern des Rhombus des Delphins (γ oder α Delphini) und durch den vorhergehenden Stern auf dem Rücken des Steinbocks (θ Capricorni.)

Man findet folglich hier die Grundlage der schärferen Bestimmungen angegeben. Da jedoch *Hipparch* nicht seiner andern Entdeckungen erwähnt, so muss er diesen Commentar in seiner Jugend geschrieben haben.

Alles übrige ist in *Ptolemäus'* μεγαλὴ σύνταξις oder dem Almagest enthalten, dessen Inhalt die Hauptpunkte angiebt.

LIBER I.

enthält die Erklärung der täglichen Bewegung der Gestirne, aus der Vollkommenheit der Sphäre abgeleitet, wobei die sphärische Gestalt der Erde angenommen und die Erde in das Centrum des Himmels gesetzt wird. Sie müsste sonst, heisst es, entweder ausser der Axe in gleicher Entfernung von den Polen, oder in derselben in ungleicher, oder beides zugleich sein, dann würden aber nicht die Tag- und Nachtgleichen stattfinden können, die Sterne würden nach der näheren Seite grösser erscheinen etc., Argumente die eigentlich dadurch, was gleich darauf kommt, dass die Erde nur ein Punkt im Vergleich mit der Himmelssphäre ist, umgestossen werden.

Die Erde hat als das Centrum der Sphäre keine Ortsveränderung. Auch gegen die Umdrehung um eine Axe, die Alles einfacher machen müsste, streitet die Erfahrung.

Es giebt zwei Hauptbewegungen, eine des Himmels von Osten nach Westen, die zweite, die der Sphäre der Planeten, die entgegengesetzt der ersten Bewegung um andere Pole sich drehen. Von einer soliden Sphäre ist hier nicht die Rede. Die Sterne behalten ihre relative Entfernung und ihre Stellung gegen den Aequator; die Sonne, der Mond und die Planeten haben eigenthümliche Bewegungen, aber im Allgemeinen gehen sie von Westen nach Osten.

Man könnte glauben, sie, namentlich Sonne und Mond, blieben nur etwas zurück, aber da sie auch ihre Aequatorealdistanz verändern, so beschreiben sie andere Kreise, die indessen so nahe zusammenfallen, dass der Kreis der Sonne als der gemeinschaftliche Kreis der Planeten angesehen werden kann. Es ist ein grösster Kreis mit den 2 Aequinoctial- und Solstizial-Punkten.

Die erste Bewegung, um die Pole des Aequators, führt die Pole der Ekliptik mit sich, die in gleicher Entfernung von den Polen des Aequators bleiben.

Weiter setzt *Ptolemäus* seine Theorie der Sehnen auseinander. Die zwei Hauptsätze der Griechen bei ihrer Trigonometrie waren, wenn A, B, C, die Winkel, a, b, c, die Seiten eines ebenen Dreiecks bezeichnen.

$$\text{Ch. } 2A : \text{Ch. } 2B : \text{Ch. } 2C = a : b : c$$

und in dem Viereck im Kreise $ABCD$

$$AC.BD = AB.CD + AD.BC.$$

Wenn AC ein Durchmesser und mit (1), (2), (3), (4) die 4 Seiten AB, BC, CD, DA, welche zugleich Chorden sind, bezeichnen

$$2 \text{ Ch. } ((1)+(4)) = \text{Ch. } (1).\text{Ch. } (3) + \text{Ch. } (2).\text{Ch. } (4)$$
$$= \text{Ch. } (1).\text{Ch. } (180-(4)) + \text{Ch. } (180-(1)) \text{ Ch. } (4)$$

oder $4 \sin(\frac{1}{2}((1)+(4))) = 4 \sin\frac{1}{2}(1) \cos\frac{1}{2}(4) + 4 \sin\frac{1}{2}(4) \cos\frac{1}{2}(1)$.

Ptolemäus kommt durch diese Formeln von der Chorde von 60° auf die von 3°, 1°30′, 45′. Er schliesst aus dem Umstand, dass innerhalb der Secunden Ch. 30′ $= \frac{2}{3}$ Ch. 45′, indem er zeigt, dass $\frac{\text{Ch. } 60}{\text{Ch. } 45} < \frac{4}{3}$, Ch. $1° < 1^p2'49''53'''$ (wo $1^p = 0{,}01666666\ldots$, $1' = 0{,}0002777\ldots$, $1'' = 0{,}0000046\ldots$ bedeutet) und $\frac{\text{Ch. } 60'}{\text{Ch. } 90'} < \frac{2}{3}$, Ch. $1° > 1^p2'49''39'''$, dass Ch. $1° = 1^p2'50''$. — In der That ist $\sin 30' = 0{,}0087265355$, also Chorde von $1° = 1^p04718426 = 1^p2'49''51'''48^{IV}$. Seine Sehnentafel hat die Form

Κανόνιον τῶν ἐν κύκλῳ εὐθειῶν.

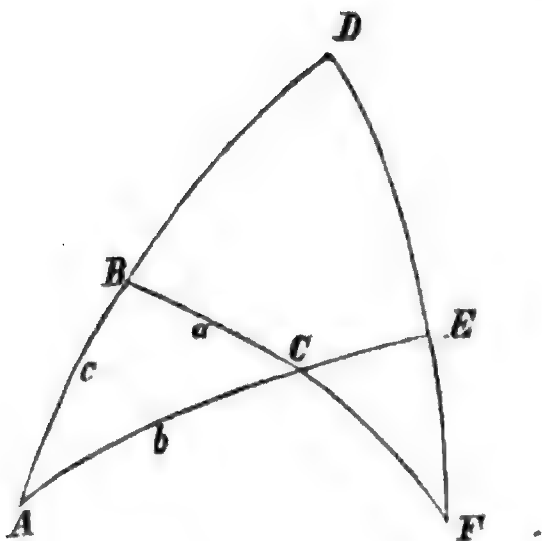
περιφερειῶν μοιρῶν	εὐθειῶν Μ Π Δ	ἑξηκαστῶν Μ Π Δ Τ
ρνη ō	ριζ μζ μγ	ō ō ια να
ρνη λ	ριζ νγ λϑ	ō ō ια λε
ρνϑ ō	ριζ νϑ κζ	ō ō ια ιϑ.

oder in unsere Zahlen übersetzt:

158 0	117 47 43	0 0 11 51
30	53 39	11 35
159 0	59 27	11 19

Für die ebene Trigonometrie genügt die Bemerkung, dass der pythagoräische Lehrsatz den Fall im rechtwinkligen Dreieck, wo aus zwei Seiten die dritte berechnet werden soll, auflöst. Sie wandten ihn auch an, wenn aus zwei Katheten ein Winkel gefunden werden sollte, weil die von *Regiomontan* eingeführten Tangenten ihnen unbekannt waren. Auch kannten sie die Gleichung:

$$a^2 = b^2 + c^2 - \frac{bc \text{ Ch. } (180 - 2A)}{60}.$$



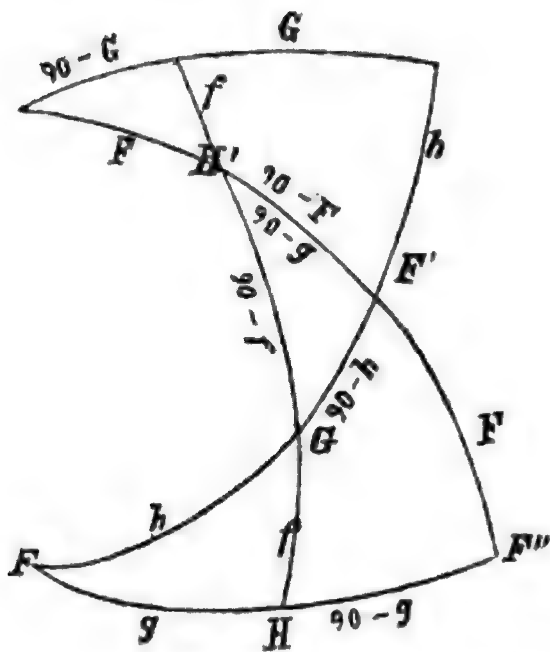
Bei der sphärischen Trigonometrie construirten sie sich die Winkel und gebrauchten dazu das folgende Theorem. Es ist:

$$\sin a \sin C = \sin c \sin A$$
$$\sin AD \sin A = \sin DE \sin E$$
$$\sin EF \sin E = \sin CF \sin C$$

daher I. $\sin a \sin AD \sin EF = \sin c \sin DE \sin CF.$

Ferner ist
$$\sin a \sin C = \sin c \sin A$$
$$\sin AE \sin A = \sin DE \sin D$$
$$\sin DF \sin D = \sin BF \sin B$$
$$\sin c \sin B = \sin b \sin C.$$

daher II. $\sin a \sin AE \sin DF = \sin b \sin DE \sin BF.$



Für das rechtwinklige Dreieck, dessen Seiten h, f, g und die gegenüberliegenden Winkel 90, F, G, heissen mögen, hat man

1) Gleichungen zwischen h, f, F, nach der nebenstehenden Fig.:
$FF' = 90°$, $FF'' = 90°$,
$HH' = 90°$, $F'F'' = F$

aus II. wird $\sin f \sin FF' \sin H'F'' = \sin h \sin HH' \sin F'F''$

daher: $\sin f = \sin h \sin F.$

2) Gleichungen zwischen f, g, F:

nach 1) ist $\sin f \sin FF'' \sin H'F' = \sin g \sin F'F'' \sin H'G$

$H'F' = 90 - F \qquad H'G = 90 - f$

daher $\sin f \cos F = \sin g \sin F \cos f$

oder $tg\, f = \sin g\, tg\, F.$

3) Gleichungen zwischen h, f, g.
nach II. ist aus $\Delta\, G F' H'$

$$\sin G H' \sin H F'' \sin F F' = \sin G F' \sin H H' \sin F F'$$

oder $$\cos f \cos g = \cos h.$$

4) Gleichungen zwischen h, g und F.
nach I. aus $\Delta\, G\, F'\, H'$ ist:

$$\cos h \sin H' F'' \sin g = \cos F \cos g \sin h$$

oder $$tg\, g = tg\, h \cos F.$$

5) Gleichungen zwischen f, F und G.
aus dem Dreieck, dessen Hypothenuse F, Catheten f, $90-G$, folgt mit Hülfe von 3):

$$\cos T = \cos f \sin G.$$

6) Gleichungen zwischen h, F und G.
aus $\Delta\, H'\, F'\, G$ folgt mit Hülfe von 2):

$$cotg\, F = \cos h\, tg\, G.$$

Für schiefwinklige Dreiecke seien AD und AE Quadranten, so wird nach II. aus $\Delta\, CEF$:

$$\sin CE \sin BF \sin AD = \sin CF \sin BD \sin AE$$

oder $$\cos b \sin BF = \sin CF \cos c$$

und es ist $$BF - CF = a$$

folglich wird man hieraus BT und CF erhalten, weil:

$$\frac{\sin BF - \sin CF}{\sin BF + \sin CF} = tg\, \tfrac{1}{2}(BF - CF)\, cotg\, \tfrac{1}{2}(BT + CF)$$

$$= \frac{\cos c - \cos b}{\cos c + \cos b} = tg\, \tfrac{1}{2}(b - c)\, tg\, \tfrac{1}{2}(b + c)$$

$$tg\, \tfrac{1}{2}(BF + CF) = \frac{tg\, \tfrac{1}{2} a}{tg\, \tfrac{1}{2}(b - c)\, tg\, \tfrac{1}{2}(b + c)}.$$

Ferner findet sich:

$$\cos DF \cos BD = \cos BF$$

$$\cos DF = \frac{\cos BF}{\sin c}$$

und dann nach II.

$$\sin a \sin DF = \sin b \sin A \sin BF$$

woraus A gefunden wird; oder noch einfacher:

$$\sin B \sin BF = \sin DF.$$

Sei z. B.:

$a = 40^\circ\, 16'\, 46''7.$ $\quad b = 66^\circ\, 47'\, 1''3.$ $\quad c = 37^\circ\, 29'\, 44''0,$

so wird nach der gewöhnlichen Rechnung:

$lg\ cos\ a$	9,882467,	$lg\ cos\ b$	9,595721,	$lg\ sin\ b$	9,963326,
	0,7628983,	$lg\ cos\ c$	9,899493,	$tg\ sin\ c$	9,784403,
	0,3127621				
	9,653344				
	9,747729.		$A.$	$36°25'19''4$	

und nach der der Alten:

$\frac{1}{2} a = 20°8'23''35$, $\frac{1}{2}(b-c) = 14°38'38''65$, $\frac{1}{2}(b+c)$ $52°8'22''65$

$tg \frac{1}{2} a$	9,564354	9,417142	$tg \frac{1}{2}(b-c)$
	9,526515	0,109373	$tg \frac{1}{2}(b+c)$
	47.29.34,3	9,580404	$cos\ BF$
BF	67.37.57,65	9,784403	$sin\ c$

DF 51.18.18,1

$sin\ DF$	9,892365	$sin\ b$	9,963326
$sin\ a$	9,810581	$sin\ BF$	9,966031
	9,702966		9,929357
$sin\ A$	9,774589	$A =$	36.25.19,7

Der Fall, wo aus drei Winkeln die Seiten gefunden werden sollen, lässt sich durch das Polardreieck lösen, und alle andern Fälle durch Perpendikel auf das rechtwinklige Dreieck zurückführen.

Man kann die letzte Transformation auch so schreiben, wenn man $BF + CF = x$ setzt,

$$tg \tfrac{1}{2} x = \frac{tg \frac{1}{2} a}{tg \frac{1}{2}(b-c)\, tg \frac{1}{2}(b+c)} \text{ aus } cos\, b\, sin \tfrac{1}{2}(x+a) = cos\, c\, sin \tfrac{1}{2}(x-a)$$

$$cos\, B = -\, cotg\, c\, cotg \tfrac{1}{2}(x+a),\quad cos\, c = +\, cotg\, b\, cotg \tfrac{1}{2}(x-a)$$

$$\text{woraus } tg \tfrac{1}{2} B = \sqrt{\frac{cos\,(\frac{1}{2}(x+a)-c)}{-cos\,(\frac{1}{2}(x+a)+c)}}$$

$$tg \tfrac{1}{2} C = \sqrt{\frac{-\,cos\,(\frac{1}{2}(x-a)+b}{cos\,(\frac{1}{2}(x-a)-b)}}$$

Ferner

$$tg \tfrac{1}{2} A = \frac{sin \frac{1}{2}(b-c)}{sin \frac{1}{2}(b+c)}\, cotg \tfrac{1}{2}(B-C) = \frac{cos \frac{1}{2}(b-c)}{cos \frac{1}{2}(b+c)}\, cotg \tfrac{1}{2}(B+C)$$

Die Rechnung giebt:

$$\tfrac{1}{2}x = 47^\circ 29' 34'' 3$$
$$\tfrac{1}{2}a = 20 \quad 8 \quad 23{,}35$$
$$\tfrac{1}{2}(x+a) = 67 \quad 37 \quad 57{,}65$$
$$c = 37 \quad 29 \quad 44{,} \ 0$$
$$\tfrac{1}{2}(x-a) = 27 \quad 21 \quad 10{,}95$$
$$b = 66 \quad 47 \quad 1{,} \ 3$$

9,614373	0,286248
0,115089	9,632394
$B = 122^\circ 26' 12'' 1$	$C = 33^\circ 59' 12'' 1$

$\tfrac{1}{2}(B+C) = 78^\circ 12' 42'' 10$

$\tfrac{1}{2}(B-C) = 44^\circ 13' 30'' 00$

9,402800	9,985658
9,897357	9,787984
9,505443	0,197674
0,011750	9,319518
9,517293	9,517192
$\tfrac{1}{2}A = 18^\circ 12' 40'' 0$	$\tfrac{1}{2}A = 18^\circ 12' 39'' 35$

$A = 36^\circ 25' 19'' 7.$

9,936929	8,858157
9,416608	9,887838
0,520321	8,970319
0.260160	9,485160
$\tfrac{1}{2}B = 61^\circ 13' 6'' 1$	$\tfrac{1}{2}C = 16^\circ 59' 36'' 27$
9,505443	0,197674
0,011751	9,319515
9,517194	9,517189

oder so $$\frac{tg\,\tfrac{1}{2}B}{tg\,\tfrac{1}{2}C} = \frac{\sin\tfrac{1}{2}(a+b-c)}{\sin\tfrac{1}{2}(a-b+c)}$$

$$tg\,\tfrac{1}{2}B\; tg\,\tfrac{1}{2}C = \frac{\sin\tfrac{1}{2}(b+c-a)}{\sin\tfrac{1}{2}(b+c+a)}$$

$$tg\,\tfrac{1}{2}A\; tg\,\tfrac{1}{2}B = \frac{\sin\tfrac{1}{2}(a+b-c)}{\sin\tfrac{1}{2}(a+b+c)}$$

$$\tfrac{1}{2}(a+b+c) = s$$

$$\frac{tg\,\tfrac{1}{2}B}{tg\,\tfrac{1}{2}C} = \frac{\sin(s-c)}{\sin(s-b)} \qquad tg\,\tfrac{1}{2}B\; tg\,\tfrac{1}{2}C = \frac{\sin(s-a)}{\sin s}$$

$$tg\,\tfrac{1}{2}A\; tg\,\tfrac{1}{2}B = \frac{\sin(s-c)}{\sin s} \qquad tg\,\tfrac{1}{2}A\; tg\,\tfrac{1}{2}C = \frac{\sin(s-b)}{\sin s},$$

oder es sei $$\sqrt{\frac{\sin(s-a)\,s(s-b)\,s(s-c)}{\sin s \quad s.s \quad s.s}} = U,$$

so ist

$$tg\,\tfrac{1}{2}A = \frac{\sin s\,.\,U}{\sin(s-a)};\; tg\,\tfrac{1}{2}B = \frac{\sin s}{\sin(s-b)}\,U;\; tg\,\tfrac{1}{2}C = \frac{\sin s}{\sin(s-c)}\,U.$$

Um diese Formeln auf die Ekliptik anwenden zu können, bedarf man der Schiefe. Sie zu beobachten, heisst es, stelle man einen kupfernen Kreis, der eingetheilt ist, auf. *Ptolemäus* sagt nicht, wie weit die Theilung geht. In diesen füge man einen zweiten in derselben Ebene. Auf zwei entgegengesetzten Punkten der Theilung setze man zwei Prismen, welche den Raum zwischen beiden ausfüllen, und auf diese zwei Gnomonen. Man stellt den Kreis vertikal im Meridian auf, lässt den Schatten des vorderen Gnomon auf den hinteren fallen und misst so die Zenithdistanz der Sonne. Der Erfinder des Instrumentes ist nicht angegeben. Ein Loth prüft die senkrechte Stellung.

Noch genauer hält *Ptolemäus* die Anwendung des von ihm erfundenen Mauerquadranten, in dessen Centrum der erste Gnomon steht. Ein Loth vor dem Central-Cylinder auf einen andern herabgelassen gibt den Nullpunkt. *Ptolemäus* findet $2\varepsilon = 47°40'$ bis $47°45'$.

Mit $\varepsilon = 23°51'20''$ und mit seiner Sehnentafel berechnet er die Declination der Sonne für die Grade der Länge, die in den Secunden genau ist.

Er gibt dann ebenso die Rectascension der Grade der Länge von 10 zu 10°. Es ist nach $tg\,A = tg\,L \cos\varepsilon$, $\sin\delta = \sin L \sin\varepsilon$:

L	δ	A	diff.	
0	0° 0′ 0″	0° 0′ 0	9 9″6	
10	4 1 38	9 9,6	15,1	27° 50′ 1
20	7 57 3	18 24,7	25,4	
30	11 40 0	27 50,1	40,1	
40	15 4 5	37 30,2	57,6	29 54,1
50	18 2 53	47 27,8	10 16,4	
60	20 30 9	57 44,2	33,7	
70	22 20 11	68 17,9	47,3	32 15,8
80	23 28 16	79 5,2	54,8	
90	23 51 20	90 0,0		

a = 40° 16′ 46″7	$s-a$	31° 59′ 59″3	9,724208	9,745319	9,517191	18° 12′ 39″8	36° 25′ 19″6 = A
b = 66 47 1,3	$s-b$	5 29 44,7	8,981238	9,002349	0,260161	61 13 6,3	122 26 12 6 = B
c = 37 29 44,0	$s-c$	34 47 2,0	9,756242	9,777353	9,485157	16 59 35,9	33 59 11 8 = C
144 33 32	s	72 16 46,0	9,978889	8,525021			
s = 72 16 46				9,262510.			

LIBER II.

Im zweiten Buche geht *Ptolemäus* die Erscheinungen auf der bewohnten Erde durch. Die bewohnte Erde geht vom Aequator nordwärts und hat nicht mehr als 180° Länge, und er lehrt, (indem er die Breite von Rhodos zum Beispiel zu 36° annimmt), wie aus der Grösse des längsten Tages die Bogen zwischen Aequator und Ekliptik im Horizont gefunden werden.

Wenn T' der halbe Tagebogen des längsten Tages, so ist

$$\cos T' = -\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\varepsilon$$

und

$$\sin(\text{Ampl.}) = \frac{\sin\varepsilon}{\cos\varphi}$$

für $\varepsilon = 23°51'20''$ und $\varphi = 36°$ hat *Ptolemäus* ganz richtig 30°0′ (es ist = 29°59′6). (*Delambre* hat $\varepsilon = 23°49'$ angenommen oder $\varphi = 35°53'$). Er lehrt dann weiter das Verhältniss des Gnomon zur Schattenlänge im Aequinoctium und Solstizium um Mittag finden, wir haben dafür die Tangente der Zenithdistanz. Er geht dann die Parallelen von 12^h, $12\frac{1}{4}$, $12\frac{1}{2}$, $12\frac{3}{4}$, 13, $13\frac{1}{4}$, $13\frac{1}{2}$, (dieser ist der von Syene) $13\frac{3}{4}$, 14, $14\frac{1}{4}$, $14\frac{1}{2}$, $14\frac{3}{4}$, 15, $15\frac{1}{4}$, u. s. w. bis 18^h von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Stunde durch, von da zu halben und ganzen Stunden. Bei jedem giebt er die Polhöhe und die Schattenlänge für einen Gnomon von 60 Theilen an, so bei $2T' = 14\frac{1}{2} = 217°30'$ $\varphi = 36°$ (36°0′8), $103\frac{1}{3}$ im Sommer (103,37) $43\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ im Aequinoctium (43,613) $12\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{12}$, (12,927) im Winter.

Er berechnet dann, welche Punkte des Aequators und der Ekliptik zugleich aufgehen. Wenn L und D zusammengehören, so hat man

$$\operatorname{tg} A = \operatorname{tg} L \cos\varepsilon, \qquad \sin D = \sin L \sin\varepsilon$$

$$\cos T' = -\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg} D$$

und der Punkt des Aequators im Horizont ist

$$A - T' + 90°$$

oder wenn

$$90 - T' = \Delta A$$

so wird

$$\sin\Delta A = -\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg} D$$

so z. B. für $L = 30°$ wird $D = 11°40'0''$, ΔA für $\varphi = 36°$ wird $= -8°37'7$ und da $A = 27°50'1$

$$A + \Delta A = 19°12'4$$

für $L = 210°$ wird $D = -11°40'0''$, $\Delta A'$ für $\varphi = 36°$ wird $= +8°37'7$ und da $A' = 207°50'1$

$$A' + \Delta A' = 216°27'8.$$

Es ist folglich $A' + \Delta A' - (A + \Delta A) = 197^\circ 15' 4$ oder gleich der Tageslänge für diese Zeit. Ueberhaupt wird die Länge des Tages $= 12^h + \frac{2\Delta A}{15}$ und die Zeitstunde

$$= 1^h + \frac{\Delta A}{90}$$

folglich der Nacht $= 1^h - \frac{\Delta A}{90}$.

Endlich giebt er die Winkel, welche die Ekliptik mit den Vertikalkreisen für jede Stunde östlich und westlich vom Meridian macht.

Es ist

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau$$
$$\sin z \sin q = \cos \varphi \sin \tau$$
$$\sin z \cos q = \cos \delta \sin \varphi - \sin \delta \cos \varphi \cos \tau$$

$tg\, Q = \frac{tg\, A}{\sin D}$ und die Winkel $Q \pm q$

Für $L = 30^\circ$ ist $A = 27^\circ 50' 1$, $D = 11^\circ 40' 0$,

für $\varphi = 36$, $\tau = 15$, ist $z = 27^\circ 51'$, $q = 26^\circ 37' 7$, $Q = 69^\circ 2' 7$

folglich die Winkel westl. $42^\circ 25' 0$ östl. $95^\circ 40' 4$

während *Ptolemäus* $42^\circ 22'$ $95^\circ 38'$ hat.

Die Tafel bei *Ptolemäus* geht für die angeführten Climate von 30° zu 30° für diese letzten Winkel.

LIBER III.

Die Bestimmung der Länge des Jahres enthält eigentlich die Bestimmungen von *Hipparch*, ἀνὴρ φιλόπονός τε ὁμοῦ καὶ φιλαλήθης. Zuerst wird bemerkt, *Hipparch* habe zu seiner Verwunderung bemerkt, das Jahr sei in Bezug auf die Aequinoctial- und Solstizial-Punkte etwas kürzer als 365¼ Tage und in Bezug auf die Sterne etwas länger, woraus man eine Bewegung, der letzteren entgegengesetzt gegen die tägliche Bewegung annehmen könne. Es wird nun auseinandergesetzt, warum das tropische Jahr vorzuziehen sei dem Sternjahr und noch mehr einem Planetenjahre. *Hipparch* ward etwas beunruhigt durch eine anscheinende Ungleichheit der Jahre, da er nicht wusste, ob er es den Beobachtungen oder dem Jahre zuschreiben solle. Er habe in dem Buche περὶ μεταπτωσέως τῶν τροπικῶν die Beobachtungen der Solstizien

und Aequinoctien aufgeführt, die ihm die sichersten zu sein scheinen, und vermuthet, dass *Archimedes* und er bei den Solstizien sich wohl um $\frac{1}{4}$ Tag hätten irren können. Man würde aber die Ungleichheiten wohl erkennen durch den Alexandrinischen Kreis im viereckigen Porticus, der den Augenblick der Aequinoctien angebe, wenn seine concave Seite von der andern Seite erhellt werde. Er bemerkt, dass die Theilung der Instrumente, wenn sie nur bis auf 0°1 genau sei, einen Fehler von $\frac{1}{4}$ Tag bei den Aequinoctien geben könne und wenn sie nicht fest aufgestellt seien und nicht nachgesehen würden, noch grössere Irrthümer geben, wie denn auch ein Aequinoctium zweimal um 5^h verschieden beobachtet sei.

Hauptsächlich hat ihn die Distanz des Mondes von α Virginis bei einigen nicht angeführten Mondfinsternissen beunruhigt, die eine Bewegung von α Virginis geben, wie sie nicht stattfinden konnte. Indessen bemerkt *Ptolemäus* sehr richtig, dass die Messungen wahrscheinlich zu ungenau gewesen, die Parallaxe vielleicht nicht gehörig berücksichtigt oder die Bewegung der Sonne vom Aequinoctium bis zum Augenblicke der Mondfinsterniss nicht gehörig berechnet sei.

Ptolemäus überlegt dann sehr richtig, dass bei Benutzung der älteren Beobachtungen man den Gewinn der längeren Zwischenzeit vergleichen müsse mit der Genauigkeit der Beobachtungen. Er hält die von *Meton* und *Euctemon* sowie das von *Aristarch* beobachtete Solstizium zu ungenau und vergleicht seine Beobachtungen mit denen, welche *Hipparch* für die genauesten hält, obgleich *Hipparch* jene hatte benutzen müssen.

Hipparch sagt in seinem Buche „über die eingeschalteten Tage und Monate“ dass nach *Meton* und *Euctemon* das Jahr $= 365\frac{1}{4} + \frac{1}{76}$, nach *Callippus* $365\frac{1}{4}$. Er findet aus 145 Zwischenzeiten mit *Aristarch* $365\frac{1}{4} - \frac{1}{290}$ und aus seinen 19jährigen Beobachtungen $365\frac{1}{4} - \frac{1}{300}$ und er hat in seinem Buche über die Länge des Jahres dieses angenommen.

Genau dasselbe findet *Ptolemäus* aus der Vergleichung seiner 285 Jahre späteren Beobachtungen mit *Hipparch*. Die Länge des Jahres nach *Hipparch* etwa 140 a. C. ist also $365^T 5^h 55^m 12^s$, nach *Bessel* ist sie $365^T 5^h 48^m 47^s 8091 - 0^s 00595\ (t - 1800)$ also für 140 a. C. $365^T 5^h 48^m 59^s 352$ oder um $6^m 12^s$ kürzer.

Die Beobachtungen von *Hipparch* sind 162—128 p. C., von *Meton* 431 a. C., von *Ptolemäus* 131—140 p. C. Man muss sich wundern, dass *Ptolemäus* fast um einen Tag gefehlt hat. Man hat deshalb geglaubt, dass er die Aequinoctien gar nicht beobachtet, sondern berechnet habe.

Ptolemäus giebt dann eine Tafel für die mittlere Sonnenbewegung $= 59'8''17'''13^{IV}12^{V}31^{VI} = 59'8''287$, nach *Bessel* würde sie sein $59'8''287$. Er giebt sie von 18 zu 18 Jahren, bis 810 Jahre von Jahr zu Jahr, Tag zu Tag und Monaten von 30 Tagen.

Er kommt dann im III. Kapitel auf die Erklärung, welche man über die Ungleichheit der Sonnenbewegung aufstellen kann. Wenn die Gestirne, wie er geradezu annimmt, immer so sind, dass die Winkelbewegung der Zeit proportional ist, so kann man die Ungleichheiten erklären durch einen excentrischen Kreis oder durch einen Epicykel.

Sei das Centrum der gleichförmigen Bewegung in C, der Beobachter stehe in T. Man nenne die Winkel $STQ = v$, $SCQ = M$, $CT = c$, $CS = R$, $TS = r$, so hat man:

$$s \sin v = R \sin M$$
$$r \cos v = R \cos M + e$$

folglich
$$tg\, v = + \frac{R \sin M}{e + R \cos M}$$

oder
$$r \sin (v - M) = e \sin M$$
$$r \cos (v - M) = R + e \cos M$$

$$tg (v - M) = \frac{- \frac{e}{R} \sin M}{1 + \frac{e}{R} \cos M}$$

$$v = M - \frac{e}{R} \sin M + \tfrac{1}{2} \frac{e^2}{R^2} \sin 2M \ldots .$$

wenn also $M = L - Q = L_0 - Q + \mu t$, wird:

$$L = L_0 + \mu t - \frac{e}{R} \sin M + \tfrac{1}{2} \frac{e^2}{R^2} \sin 2M \ldots$$

$$= L_0 + \mu t - \frac{e}{R} \sin (L_0 - Q + \mu t) + \tfrac{1}{2} \frac{e^2}{R^2} \sin 2 (L_0 - Q + \mu t) \ldots .$$

und es wird strenge:

$$\frac{dv}{dt} - \frac{dM}{dt} = \frac{-\frac{e}{R} \cos M (1 + \frac{e}{R} \cos M) - \frac{e^2}{R^2} \sin M^2}{1 + \frac{2e}{R} \cos M + \frac{e^2}{R^2}} \frac{dM}{dt}$$

$$= \frac{-\frac{e}{R} \cos M - \frac{e^2}{R^2}}{1 + \frac{2e}{R} \cos M + \frac{e^2}{R^2}} \frac{dM}{dt}$$

und da $\frac{dM}{dt} = \mu$ ist

$$\frac{dv}{dt} = \mu \left\{ 1 - \frac{\frac{e}{R} \cos M - \frac{e^2}{R^2}}{1 + \frac{2e}{R} \cos M + \frac{e^2}{R^2}} \right\}$$

also am schnellsten im Perigaeum, am langsamsten im Apogaeum. Die genäherte Formel ist

$$\frac{dv}{dt} = \mu \left\{ 1 - \frac{e}{R} \cos M + \frac{e^2}{R^2} \cos 2M \ldots . \right\} \text{ und}$$

für $v = 0$, $M = 0$, $\frac{dv}{dt} = \frac{\mu}{1 + \frac{e}{R}} = \frac{R}{R + e} \mu$

für $M = 180°$, $\frac{dv}{dt} = \frac{R}{R - e} \mu$ und $r^2 = R^2 + 2eR \cos M + e^2$

In dem Epicykel ist, wenn man immer von einer festen Richtung im Circulus deferens und im Epicykel ausgeht

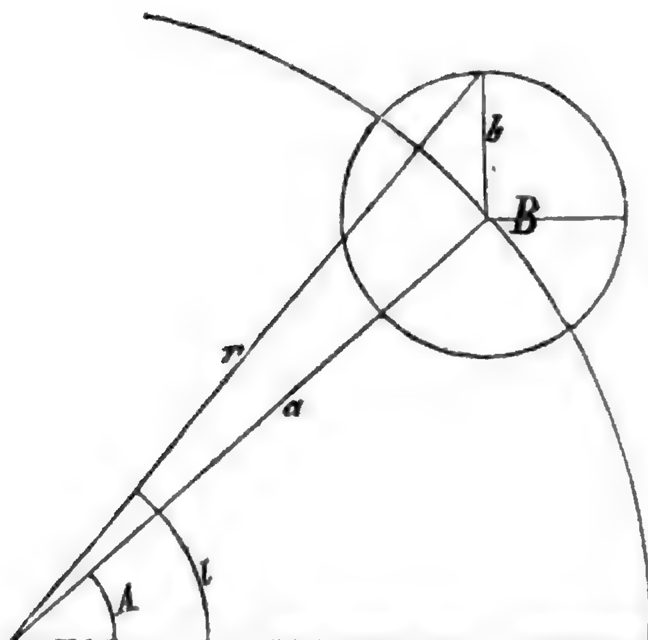
$$r \sin l = a \sin (A + \alpha t) + b \sin (B + \beta t)$$
$$r \cos l = a \cos (A + \alpha t) + b \cos (B + \beta t)$$

$$r \sin (l - (A + \alpha t)) = b \sin (B - A + (\beta - \alpha) t = b \sin U$$

$$r \cos (l - (A + \alpha t)) = a + b \cos (B - A + (\beta - \alpha) t) = a + b \cos U$$

$$tg (l - (A + \alpha t)) = \frac{b \sin U}{a + b \cos U}$$

$$l = A + \alpha t + \frac{b}{a} \sin U - \tfrac{1}{2} \frac{b^2}{a^2} \sin 2U \ldots .$$



Wegen $tg\, y = \frac{x}{z}$ $dy = \frac{z\,dx - x\,dy}{x^2 + z^2}$

wird hier

$$\frac{dl}{dt} = \alpha + \frac{(a + b\cos U)\,b\cos U + b^2 \sin U^2}{a^2 + 2ab\cos U + b^2}(\beta - \alpha)$$

$$= \alpha + \frac{(a\cos U + b)\,b}{a^2 + 2ab\cos U + b^2}(\beta - \alpha)$$

$$= \frac{a^2\alpha + b^2\beta + ab(\alpha + \beta)\cos U}{a^2 + 2ab\cos U + b^2}$$

$$= \tfrac{1}{2}(\alpha + \beta) + \tfrac{1}{2}(\alpha - \beta)\frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2 + 2ab\cos U}.$$

Wenn also α und β positiv und $\beta < \alpha$, sowie, was immer angenommen wird, $a > b$, so wird

$\frac{dl}{dt}$ ein Maximum für $U = 180^\circ$

$$= \tfrac{1}{2}(\alpha + \beta) + \tfrac{1}{2}(\alpha - \beta)\frac{a + b}{a - b} = \frac{a\alpha + b\beta}{a - b}$$

zugleich ist $r = a - b$.

$\frac{dl}{dt}$ ein Minimum für $U = 0$

$$= \tfrac{1}{2}(\alpha + \beta) + \tfrac{1}{2}(\alpha - \beta)\frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$$

$$= \tfrac{1}{2}(\alpha + \beta) + \tfrac{1}{2}(\alpha - \beta)\frac{a - b}{a + b} = \frac{a\alpha - b\beta}{a + b}$$

zugleich ist $r = a + b$.

Es geht hieraus hervor, dass für $\beta < \alpha$, also auch für $\beta = 0$

der excentrische Kreis und der Epicykel übereinkommen, denn es ist für $\beta = 0$*)

$$U = B - A - \alpha t.$$

$$l = A + \alpha t + \frac{b}{a} \sin U - \tfrac{1}{2} \frac{b^2}{a^2} \sin 2 U \ldots$$

$$= A + \alpha t - \frac{b}{a} \sin (A + \alpha t - B) + \tfrac{1}{2} \frac{b^2}{a^2} \sin 2 (A + \alpha t - B) \ldots,$$

so dass also $\alpha = \mu$, $A = L_0$, $B = Q$ wird.

Ptolemäus wählt für die Sonne den excentrischen Kreis.

Hipparch fand nämlich, dass vom Frühlings-Aequinoctium bis Sommersolstizium 94½ Tage, von da bis zum Herbstaequinoctium 92½ Tage verfliessen, folglich vom Widder bis Widder (+ 180°) 187 Tage sind.

Setzt man die Gleichungen so

$$r \sin (L - Q) = R \sin (L_0 - Q)$$
$$r \cos (L - Q) = R \cos (L_0 - Q) + e$$

so sieht man, dass aus beiden eine Gleichung entsteht, in der 3 Unbekannte sind, L_0, Q und $\frac{e}{R}$, wenn L beobachtet ist. Diese Gleichung lässt sich so schreiben:

$$0 = R \sin (L_0 - L) - e \sin (L - Q)$$

und folglich die beiden andern:

$$0 = R \sin (L_0 - L' + \mu (t' - t)) - e \sin (L' - Q)$$
$$0 = R \sin (L_0 - L'' + \mu (t'' - t)) - e \sin (L'' - Q)$$

aus dem Satze

$$\sin A \sin (C - B) + \sin B \sin (A - C) + \sin C \sin (B - A) = 0$$

folgt deshalb:

$$0 = R \left\{ \sin (L_0 - L) \sin (L'' - L') + \sin (L_0 - L' + \mu (t' - t)) \sin (L - L'') + \sin (L_0 - L'' + \mu (t'' - t)) \sin (L' - L) \right\}$$

da nun $L' - L = 90°$, $L'' - L' = 90°$, $L - L'' = 180$, so wird

$$\sin (L_0 - L) + \sin (L_0 - L'' + \mu (t'' - t)) = 0$$

wegen $L = 0$, $L'' = 180°$ wird

$$\sin L_0 = \sin (L_0 + \mu (t'' - t))$$

*) Man kann entweder den Körper auf dem Epicykel immer auf einer parallelen Linie bleiben lassen, oder ihm in Bezug auf den verlängerten Radius des Circulus deferens eine Rückwärtsbewegung $-\alpha$ geben.

also $$tg\,L_0 = \frac{\sin\mu\,(t''-t)}{1-\cos\mu\,(t''-t)} = cotg\,\tfrac{1}{2}\mu\,(t''-t)$$

hier ist mit $\mu = 3548{,}287, \quad t''-t = 187$

$\mu(t''-t) = 184^\circ\,18'\,49{,}669,$

folglich wird $L_0 = 357^\circ 50' 39'' 17;$

ebenso wird:

$$\begin{aligned} 0 = & \; e\sin(L-Q)\sin(\mu(t''-t')-(L''-L')) \\ & + e\sin(L'-Q)\sin(L''-L-\mu(t''-t)) \\ & + e\sin(L''-Q)\sin(\mu(t'-t)-(L'-L)) \end{aligned}$$

oder

$$0 = \sin Q\left\{\cos\mu(t''-t')-\cos\mu(t'-t)\right\} + \cos Q\sin\mu\,(t''-t).$$

$$tg\,Q = \frac{\sin\mu\,(t''-t)}{\cos\mu\,(t'-t)-\cos\mu\,(t''-t')} = \frac{\cos\frac{1}{2}\mu\,(t''-t)}{\sin\frac{1}{2}\mu\,(t''-t')-(t'-t)}$$

da nun

$\mu(t'-t) = 93^\circ 8' 33'' 12, \quad \mu = (t''-t') = 91^\circ 10' 16'' 55,$

so wird $Q = 65^\circ 26' 13'' 2.$

Endlich wird $\frac{R}{e} = \frac{\sin(L-Q)}{\sin(L_0-L)} = \frac{\sin(L'-Q)}{\sin(L_0'-L')} = \frac{\sin(L''-Q)}{\sin(L_0''-L'')}$

und mit
$$\begin{aligned} L_0 &= 357^\circ\,50'\,35''17 \\ L_0' &= 90\;\;59\;\;\;8{,}29 \\ L_0'' &= 182\;\;\;9\;\;24{,}84. \\ \frac{e}{R} &= 0{,}0413808. \end{aligned}$$

Hipparch setzt $Q = 65^\circ 30', \; \frac{e}{R} = \frac{1}{24} = 0{,}04166.$

Ptolemäus findet aus den Beobachtungen des Aequinoctiums und Sommersolstiziums genau dieselben Zahlen wie *Hipparch.* Er nimmt dann die Länge des Apogaeum $= 65^\circ 30'$ und die Excentricität $\frac{e}{R} = \frac{1}{24} = 8{,}619789$ und giebt eine Tafel für

$$tg\,(L-L^\circ) = -\frac{\frac{e}{R}\sin(L_0-Q)}{1+\frac{e}{R}\cos(L_0-Q)}$$

von 6° zu 6° mit dem Argument M oder $L_0 - Q$.

Endlich reducirt er die Epoche der mittleren Länge der Sonne auf den Anfang der Nabonassarischen Aera in 330°45', auf 747

a. C. Febr. 26 um Mittag, denn er bemerkt gleich darauf, dass dieser Anfang von dem Einfluss der Polhöhen frei sei, welcher bei dem Auf- und Untergange stattfindet. Wahrscheinlich ist auch diese Zählungsart von *Hipparch*, wenngleich *Plinius* ihn um Mitternacht den Tag anfangen lässt.

Es kann hier allerdings auffallen, dass *Ptolemäus* 280 Jahre später als *Hipparch* genau dieselben Zahlenwerthe findet, sowie er auch an der Länge des Jahres nichts geändert hat. Er würde indessen, wenn er genaue Beobachtungen angestellt hätte, Verschiedenheiten haben finden können. Behandelt man neue Beobachtungen ebenso z. B.

1830	März 20	15° 30′ 7	92° 21′ 11″0
	Juni 21	12 41,7	93 13 53,6
	Sept. 23	2 35,3	

so findet man $\frac{e}{R} = 0{,}0336$, $Q = 100°16'3$, woraus eine Bewegung von Q von etwa 64″ jährlich und —0″8 in dem Excentricitäts-Winkel hervorgeht. Das erste kommt mit den neueren Beobachtungen überein. Die Exentricität ist nahe das doppelte von unserer jetzt angenommenen, weil sie gewissermaassen den Abstand der beiden Brennpunkte der Ellipse von einander ausdrückt und näherungsweise die wirkliche Bewegung sich auf eine der Zeit proportionale Drehung um den andern Brennpunkt, in welchem die Sonne nicht steht, zurückführen lässt.

Die Sonnentafeln von *Ptolemäus* lassen sich in folgende Formeln zusammenfassen:

Epoche = 747 a. C. Febr. 26 0^h Alexandrinischer Zeit.

$$L_0 = 330°45'0''.$$

Bewegung in 365 Tagen, 359°45′24″75, μ pro Tag = 59′ 8″287

$$\frac{e}{R} = \frac{1}{24},\ Q = 65°30$$

$$L = L_0 + \mu t - 2°23'\,14''4 \sin\ (L_0' - 65°\,30')$$
$$+ \quad 2\ 59{,}0 \sin 2\,(L_0' - 65\ 30)$$
$$- \quad 5{,}0 \sin 3\,(L_0' - 65\ 30)$$
$$\varepsilon = 23°51'20'',$$

womit sie bis auf einige Minuten richtig den Ort der Sonne ermitteln lassen.

Im Capitel 8. trägt *Ptolemäus* noch die Lehre von der Zeitgleichung ganz richtig und klar vor. Wenn zu der mittleren Länge 2°23′ einmal abgezogen, das andere Mal zugelegt werden muss, so wird wegen dieser Ungleichförmigkeit der Bewegung ein Unterschied von 4°46′ entstehen. Hierzu aber kommt noch, dass je nach den verschiedenen Punkten in der Ekliptik die Bögen derselben ungleiche Zeiten gebrauchen, um durch den Meridian zu gehen. *Ptolemäus* giebt keine Tafel für die Zeitgleichung, sondern lehrt nur die Längen zu berechnen, sie in Rectascensionen zu verwandeln und die Differenzen zu nehmen. Nach der Reihen-Entwickelung würde sein

$$A = L - tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^2 \sin 2L + \tfrac{1}{2} tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^4 \sin 4L$$

$$L = L_0 + \mu t - \frac{e}{R}\sin(L_0 - Q) + \tfrac{1}{2}\frac{e^2}{R^2}\sin 2(L_0 - Q),$$

folglich:

$$A = L_0 + \mu t - \frac{e}{R}\sin(L'_0 - Q) + \tfrac{1}{2}\frac{e^2}{R^2}\sin 2(L'_0 - Q)$$

$$- tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^2 \sin 2\left(L' - \frac{e}{R}\sin(L'_0 - Q)\right) \dots$$

$$= L_0 + \mu t - \left\{\frac{e}{R}\cos Q + \frac{e}{R} tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^2 \cos Q\right\}\sin L'_0$$

$$+ \left\{\frac{e}{R}\sin Q - \frac{e}{R} tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^2 \sin Q\right\}\cos L'_0$$

$$+ \left\{\tfrac{1}{2}e^2\cos 2Q - (1-e^2)\, tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^2 + \tfrac{1}{2}e^2\, tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^4 \cos 2Q\right\}\sin 2L'_0$$

welches mit den Elementen von *Hipparch*, wenn man bloss die Glieder, die über eine halbe Minute geben, beibehält, giebt:

$$A = L_0 + \mu t - 4'\,8'' \sin L_0 + 8'18'' \cos L$$
$$-10'21'' \sin 2L_0$$

oder auf wahre Längen reducirt:

$$\sin(L^0 - L) = +\frac{e}{R}\sin(L - P)$$

$$L = L^0 - \frac{e}{R}\sin(L - Q) \dots\dots$$

$$A = L^0 + \mu t - \frac{e}{R}\sin(L - Q) - tg\tfrac{1}{2}\varepsilon^2 \sin 2L$$

$$= L^0 + \mu t - 3'58'' \sin L + 8'41'' \cos L$$
$$-10'14'' \sin 2L,$$

so dass die Zeitgleichung

$$-3'58'' \sin L \;+8'41'' \cos L \;-10'14'' \sin 2L$$

wird, die zur wahren Zeit hinzuzulegen ist, um die mittlere Zeit zu bekommen.

Ptolemäus gebraucht die Zeitgleichung nur bei den Mondbewegungen, denn da ihre Maxima

+19′ 17″ in Sonnenlänge = 318°50′7 etwa im Februar,
—14 28 „ „ „ = 213 21,5 Ende October sind,

so braucht bei der Sonnenbewegung, die in einer Stunde 2′5 etwa beträgt, diese Viertelstunde nicht berücksichtigt zu werden. Auch wendet er sie nur an, um wahre Zeit in mittlere zu verwandeln.

Ganz ähnlich, nur complicirter, ist die Bewegung des Mondes, bei der gleich anfangs die Schwierigkeit war, dass ein neues Element, die Bewegung der Apsidenlinie, zu bestimmen war, die bei dem Monde sehr merklich ist. *Hipparch* zog es vor, anstatt gemeinschaftlich mit den andern Elementen dieses zu bestimmen, die Bewegung derselben direct herzuleiten. Da der Ort der Sonne ihm bekannt war, so gab jede Mondfinsterniss den Ort des Mondes 180° + Sonnenlänge und zwar immer so nahe der Ekliptik, dass er die Neigung der Mondbahn ganz bei Seite setzen konnte.

In

LIBER IV.

gibt *Ptolemäus* zuerst diese von *Hipparch* ermittelten mittleren Bewegungen an, die wahrscheinlich durch eine indirecte Rechnung geprüft sind. Die Chaldäische Periode von 6585⅓ Tagen war ihm nicht genau genug. Die kleinste Periode, in welcher die Finsternisse in derselben Anzahl von Monaten und in gleicher Folge wiederkehren, war nach *Hipparch* $126007^{T}1^{h}$, in welcher Periode 4267 volle Monate (synodische), 4573 Restitutionen der Anomalie, d. h. Wiederkehr zu demselben Punkt in Bezug auf die Apsidenlinie, 4612 + 352°5 Umläufe in Bezug auf die Sterne (periodische Monate) enthalten sind. Die Sonne hat 345 mal den Kreislauf in Bezug auf die Sterne vollendet. Dieses Letztere würde

$$\frac{126007^{T}1^{h}}{\frac{345.360-7\frac{1}{2}}{360}} = \frac{6048338}{16559} = 366^{T}\,6^{h}\,14'11''8$$

für das Sternjahr, worauf wir später zurückkommen, geben. Dass nach dieser Zeit die Zwischenzeiten zwischen den Finsternissen

in derselben Ordnung auf einander folgen, zeigt, dass die Umläufe in Bezug auf die Apsidenlinie genau vollendet sind. Hieraus findet *Hipparch* den synodischen Monat

$$= 29^{T}12^{h}44'3\tfrac{1}{3}''$$

(nach *Hansen* ist er $= 29^{T}12^{h}44'2''9$) die tägliche synodische Bewegung $= 12^{\circ}\,11'\,26''689$, also die dem Mond eigene, wenn $59'8''287$ zugelegt werden, $= 13^{\circ}10'34''976$.

Ferner findet er die Bewegung der Anomalie täglich $13^{h}3'53''9416$ oder die Bewegung der Apsidenlinie $6'41''0344$ (*Hansen* hat $6'41''0$)

Endlich hatte *Hipparch* die Bewegung des Arguments der Breite untersucht und gibt sie so an, dass in Bezug auf sie die tägliche Bewegung $13^{\circ}13'45''661$ (jetzt $45''64$) oder die tägliche Zurückweichung

$$= 3'10''685 \qquad\qquad \text{ist.}$$

(*Hansen* giebt jetzt $3'10''64$). In 365 Tagen findet *Hipparch* sie $= 19^{\circ}20'1''$ und nach *Hansen* ist sie in derselben Zeit $= 19^{\circ}19'42''$.

Ptolemäus hat diese Zahlen später etwas, doch nicht wesentlich geändert.

Wendet man hierauf die Theorie des Epicykels an, so wird

$$\alpha = 13^{\circ}10'34''976,$$
$$\beta = +6'41''0344$$

und man hat folglich, wenn 3 Längen gegeben wären:

$$r \sin l = a \sin (A + \alpha t) + b \sin (B + \beta t)$$
$$r \cos l = a \cos (A + \alpha t) + b \cos (B + \beta t)$$

und daraus

$$0 = a \sin (A + \alpha t - l\;) + b \sin (B + \beta t - l\;)$$
$$0 = a \sin (A + \alpha t' - l') + b \sin (B + \beta t' - l')$$
$$0 = a \sin (A + \alpha t'' - l'') + b \sin (B + \beta t'' - l'')$$

woraus wie oben

$$a \sin (A + \alpha t - l) \sin (\beta (t'' - t') - (l'' - l'))$$
$$+ a \sin (A + \alpha t' - l') \sin (\beta (t - t'') - (l - l''))$$
$$+ a \sin (A + \alpha t'' - l'') \sin (\beta (t' - t) - l' - l) = 0$$

oder ....

$$tg\, A = - \frac{\sin(\alpha t - l)\sin(\beta(t'' - t') - l'' - l') + \sin(\alpha t' - l')\sin(\beta(t - t'') - (l - l'')) + \sin(\alpha t'' - l'')\sin(\beta(t' - t) - (l' - l))}{\cos(\alpha t - l)\sin(\beta(t'' - t') - (l'' - l')) + \cos(\alpha t' - l')\sin(\beta(t - t'') - (l - l'')) + \cos(\alpha t'' - l'')\sin(\beta(t' - t) - (l' - l))}$$

und ebenso $tg\,B$, endlich damit auch $\frac{b}{a}$,

so dass man erhält $A = L_0$, $B = Q$,

$$l = L_0 + \alpha t - \frac{b}{a} \sin(L'_0 - Q) + \tfrac{1}{2} \frac{b^2}{a^2} \sin 2 (L'_0 - Q) \text{ etc.}$$

oder strenger noch, wenn

$$L'_0 = L_0 + \alpha t\,, \qquad Q'_0 = Q_0 + \beta t\,,$$

$$tg(L - L'_0) = - \frac{\frac{b}{a} \sin(L'_0 - Q'_0)}{1 + \frac{b}{a} \cos(L'_0 - Q'_0)}\,.$$

So verlangt die Aufgabe nur drei Oerter und ist von *Hipparch* zuerst gelöst worden. Er wandte dazu die drei ältesten Mondfinsternisse an

721 a. C.	März 19.	$8^h 40'$,	Meridian	von	Alexandria.
720 a. C.	„ 8.	11 10,	„	„	„
720 a. C.	Sept. 1.	7 40,	„	„	„

Die Zeitgleichungen sind hier nach oben

$$+11'0, \qquad +14'9, \qquad -1'3,$$

so dass die mittleren Zeiten werden

$$8^h 51'0, \qquad 11^h 24'9, \qquad 7^h 38'7,$$

und die Zwischenzeiten

$t' - t = 354^t\ 2^h 33'9$, *Ptolemäus* hat $354^t\ 2^h 34'$

$t'' - t' = 176\ 20\ 13{,}8$, „ „ $176\ 20\ 12$

$\alpha(t' - t)$ wird nach *Ptolemäus* $= 345^\circ 51'$, $\beta(t' - t) = 39^\circ 26'$

$\alpha(t'' - t')$ „ „ „ $= 170\ \ 7'$, $\beta(t'' - t') = 19\ 42$.

Die Oerter der Sonne waren

$$354^\circ 30', \qquad 343^\circ 45', \qquad 153^\circ 15',$$

folglich die des Mondes

$$174^\circ 30', \qquad 163^\circ 45', \qquad 333^\circ 15',$$

damit erhält man:

L_0 für die erste Beobachtung 178°53′12″9
Q_0 für die erste Beobachtung 112°53′28″1

$$\frac{b}{a} = 0{,}0869494, \quad \varphi = 4°58'54''6$$

woraus die Mittelpunktsgleichungen:

	— 4° 23′ 12″9	— 0° 59′ 12″9	— 1° 36′ 12″8
L_0 =	178 53 12,9	164 44 12,9	334 51 12,9
r =	1,03841	1,08508	0,91718

Ebenso bestimmte *Ptolemäus* aus 3 andern Mondfinsternissen

		wahre Zt.	Ztgl.	Mittl. Zt.	Zwischenzeit
133 p. C.	Mai 6	11h 15m	— 6′6	11h 8m4	
					531T 23h 37m5 *)
134 „	Oct. 20	11 0	— 14,1	10 45,9	
					502 5 28,9 **)
136 „	März 5	16 0	+ 14,8	16 14,8	

$\alpha(t' - t)$ 169° 37′ $\beta(t' - t)$ 59° 16′
$\alpha(t'' - t')$ 137 34 $\beta(t'' - t')$ 55 58.

Oerter der Sonne = 43° 15′, 205°10′, 344°5,
„ des Mondes = 223 15, 25 10, 164 5,

damit erhält man

L_0 für die erste Beobachtung .... 219° 53′ 12″6
Q_0 „ „ „ „ 265 36 38,9

$$\frac{b}{a} = 0{,}0870654, \quad \varphi = 4°59'18''5$$

und die Mittelpunktsgleichungen

	+ 3° 21′ 47″6	— 4° 20′ 12″6	— 2° 59′ 12″6
L_0	219 53 12,6	29 30 12,6	167 4 12,6
	1,06261	1,04029	0,92889

aus den Längen für die mittleren Beobachtungen und den Q für dieselbe Zeit oder auch aus den U

Q = 152° 19′ 28″1 U = 12° 24′ 44″8
324 52 38,9 64 37 33,7

---

*) *Ptolemäus* hat dasselbe. — **) *Ptolemäus* hat 502T 5h 30m0.

verbunden mit der Zwischenzeit 720 a. C. März 8 — 134 p. C. Oct. 20, die *Ptolemäus* zu 854 angenommene Jahre à 365 Tage $+73^{T}23^{h}20'$ berechnet, leitet er die Correctionen der *Hipparchi*schen Bewegungen ab. Sie ist aber bei β nur 0"003 und entfernt sich noch etwas mehr von den neueren Bestimmungen.

Für die Bewegungen in der Breite nimmt *Ptolemäus* einen gegen die Ekliptik geneigten Circulus deferens an, auf welchem sich der Epicykel bewegt. Um zuerst die Aenderungen des Argumentes der Breite zu bestimmen, nimmt er zwei Finsternisse, in welchen der Mond bei gleicher Entfernung, bei gleicher Grösse der Finsterniss, in demselben Abstande von dem Knoten war. Sei in der ersten der Ort des Mondes $= L$, so wird

$$L = L_0 + C.$$

In der zweiten sei er $= L'_{,}$, so dass

$$L' = L'_0 + C'.$$

Zu dem ersten gehört das Argument der Breite B, zu der zweiten $B + \gamma\,(t' - t)$; wegen der Gleichheit beider wird $\gamma\,(t' - t)$ ein vielfaches von 360° sein. Wäre keine Bewegung des Argumentes der Breite, so müsste wegen der Gleichheit derselben in beiden Finsternissen $L'_0 - L_0 + C' - C = 0$ sein, so aber wird es $= \gamma\,(t' - t)$ und $n.360°$; man hat also

$$\alpha.(t' - t) + C' - C = \gamma\,(t' - t) = n.360°.$$

Man setze $$\Omega' = \Omega - \gamma'(t' - t)$$ und

$$B = L - \Omega, \qquad B' = L' - \Omega'$$

oder

$$B = L_0 + C - \Omega$$

$$B' = L'_0 + C' - \Omega + \gamma'(t' - t)$$

so wird

$$B' - B = L'_0 - L_0 + C' - C + \gamma'(t' - t)$$
$$= (\alpha + \gamma')(t' - t) + C' - C$$

da nun $B' = n.360° + B$, so wird

$$n.360° - (C' - C) = (\alpha + \gamma')(t' - t)$$

oder

$$\alpha + \gamma' = \frac{n.360° - (C' - C)}{t' - t}$$

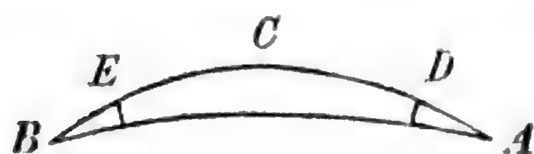
So war bei einem Beispiele von *Ptolemäus*:

$$C' = +4^\circ 53', \qquad C = -5^\circ 0'$$

$$\text{also } \alpha + \gamma' = \frac{n.360^\circ - 9^\circ 53'}{t' - t}.$$

Dieses $\alpha + \gamma'$ ist die Bewegung des Argumentes der Breite, nämlich die mittlere.

Um die Epoche zu finden, nimmt *Ptolemäus* zwei Finsternisse, welche gleich weit vom niedersteigenden und aufsteigenden Knoten abstehen, aber in entgegengesetztem Sinne. Sei AB die Ekliptik, ACB die Mondbahn, ferner $AD = BE$, so wird



$$AD = L - \Omega = L^0 + C - \Omega$$
$$AE = L' - \Omega' = L'_0 + C' - \Omega + \gamma'(t' - t)$$

folglich $\quad AE - AD = DE = (\alpha + \gamma')(t' - t) + C' - C$

und daher wegen $\quad DE = 180^\circ - 2\,AD$

$$AD = 90^\circ - \tfrac{1}{2}\{(\alpha + \gamma')(t' - t) + C' - C\}$$

folglich $L^0 - \Omega$ oder die Epoche des mittleren Argumentes der Breite

$$L^0 - \Omega = 90^\circ - \tfrac{1}{2}\{(\alpha + \gamma')(t' - t) + (C' - C)\} - C.$$

So war bei zwei Finsternissen

$$(\alpha + \gamma')(t' - t) = 160^\circ 4', \quad C = -59', \quad C' = -13',$$

folglich $\quad B^0 = 90^\circ - \tfrac{1}{2}\{160^\circ 4' - 13' + 59'\} + 59'$
$\qquad\qquad = 90^\circ - 80^\circ 25' + 59' = 10^\circ 34'$

oder es stand nach der mittleren Bewegung der Mond vom Punkte der grössten Breite C um $280^\circ 34'$ ab.

LIBER V.

Diese Annahmen reichen hin um die Bewegung des Mondes in den Syzygien darzustellen; aber wenn man den Mond an andern Orten, besonders in den Quadraturen beobachtet, so findet man Abweichungen. Hierzu bedient sich *Ptolemäus* des Astrolobiums, was indessen auch schon *Hipparch* zu demselben Zwecke ange-

wandt hat. Es ist ein Kreis, der den Colur der Solstizien, auf welchem die Pole des Aequators und der Ekliptik angegeben sind, darstellt. Senkrecht auf demselben ist ein anderer Kreis, der die Ekliptik vorstellt und eingetheilt ist. Um die Pole der Ekliptik ist von aussen ein zweiter Kreis drehbar, der in einen beliebigen Breitenkreis gestellt werden kann, und um dieselben Pole ist inwendig noch ein zweiter beweglicher Kreis, auf welchem sich an einem Kreise oder auf andere Weise zwei Dioptern verschieben lassen. Die beiden in einen Breitenkreis zu stellenden Kreise sind eingetheilt. Das Instrument ist so aufgestellt, dass die Pole des Aequators fast in der Weltaxe liegen. Man kann auf diese Weise, wenn man den äussern Kreis auf die Sonne oder einen Stern richtet, nachdem man ihn auf den Grad der Länge, der dem Gestirn zukommt, gestellt hat, durch den innern die Länge und Breite eines andern Gestirns bestimmen.

Wenn *Ptolemäus* und *Hipparch* mit diesem Instrumente den Längen-Abstand des Mondes von der Sonne bestimmten, so fand sich in den Conjunctionen und Oppositionen kein Unterschied von der Berechnung nach der obigen Anomalie. Aber in den Quadraturen war der Unterschied beständig in dem Sinne, dass er die Mittelpunktsgleichungen grösser verlangte, und am grössten war bei 90° Anomalie, in den Quadraturen. Hieraus ging hervor, dass der Halbmesser des Epicykels am kleinsten erschien in den Conjunctionen und Oppositionen und am grössten in den Quadraturen. Der Mond war folglich in jenen weiter entfernt, als in diesen, und die Erde betrachtete den Mond auf seinem Epicykel nicht vom Centrum des Kreises aus.

Ptolemäus erklärt dieses durch die Annahme, dass der Circulus deferens des Mondes sich mit seinem Centrum um die feststehende Erde auf einem kleinen Kreise herumdreht und zwar gegen die Ordnung der Zeichen, so dass der Winkel zwischen der mittleren Länge des Mondes (von der Erde aus gesehen) oder des Centrums des Epicykels und dem Centrum des Circulus deferens $= 2(☾ - ☉)$ oder gleich der zweifachen mittleren Distanz beider Himmelskörper ist. Es ist deutlich, dass in diesem Falle, wenn a der Halbmesser des Circulus deferens, b des Epicykels, c des Kreises, in welchem das Centrum des Circulus deferens um die

Erde geht, wenn ☾ — ☉ = 0, die Entfernung des Centrum des Epicykels $= a + e$, wenn ☾ — ☉ $= \pm 90, = a - e$, und wenn ☾ — ☉ $= 180°, = a + e$ wird, wodurch der Erscheinung Genüge gethan werden kann. Das Maximum der Aequatio Centri wird folglich

$$= Arc. sin = \frac{b}{a+e} \quad \text{in den Syzygien,}$$

$$Arc. sin = \frac{b}{a-e} \quad \text{in den Quadraturen.}$$

Da nun die Bebachtungen für das Eine 5° 1′ geben und für die Andern 7°40′, so wird

$$b = (a+e) \sin 5°1' \text{ und } = (a-e) \sin 7°40' \quad \text{folglich}$$

$$lg \frac{e}{a} = 9{,}31831 \qquad \frac{e}{a} = 0{,}20812$$

$$lg \frac{b}{a} = 9{,}02385 \qquad \frac{b}{a} = 0{,}10563$$

Für jeden zwischenliegenden Ort wird sich die Mittelpunktsgleichung je nach der Entfernung der Erde vom Epicykel ändern.

Es kann hier nun die Frage sein, wie *Ptolemäus* es ausdrückt, von welchem Radius an man die (rückläufige) anomalistische Bewegung rechnen soll, ob von dem Radius vector Erde — Centr. Epic. oder Centr. Epic. — Centr. Circ. defer. Die Beobachtungen entscheiden für keinen von beiden, sondern von einem Radius an, der vom Centrum des Epicykels nach einem Punkte gerichtet ist, der auf der Linie Centr. Circ. Def. — Erde, durch die Erde verlängert, eben so weit von der Erde absteht als das Centr. des Circulus deferens, oder dem Punkte, der in dem Kreise, dessen Halbmesser $= e$, 180° vom Centrum des Circulus deferens absteht. Nennt man den Winkel desselben mit dem Radius vector Erde bis Centrum des Epicykels ... χ und nimmt man an, dass er immer nach $A - \chi$ hinweisen soll, so wird $Q - L = \chi$, oder in der Aeq. Centr. $B - A - \chi$ statt $B - A$ zu setzen sein, um den Winkel zu haben, den der Radius vector des Mondes im Epicykel mit dem verlängerten Radius vector der Erde — Centrum des Epicykels macht.

Es sei ET so gerichtet, dass $ETV = l_0' = A + \alpha t$; man nehme den Punkt C auf dem Kreise, dessen Halbmesser e ist, so, dass $ETC = 2(☾ - ⊙)$, so wird, wenn $CE = a$, E das Centrum des Epicykels sein. Sei nun $TE = \varrho$, so wird

$$a \sin\varphi = e \sin 2D \qquad D = ☾ - ⊙$$

$$a \cos\varphi = \varrho - e \cos 2D$$

woraus ϱ und φ bestimmt werden, oder es ist

$$\varrho = e \cos 2D + \sqrt{(a^2 - e^2 \sin^2 2D)}$$

dann wird zur Bestimmung von χ

$$\varrho' \sin\chi = e \sin 2D$$

$$\varrho' \cos\chi = \varrho + e \cos 2D$$

oder $$tg\,\chi = \frac{e \sin 2D}{\varrho + e \cos 2D};$$

ferner ist $$Q' = Q - \chi = A - \chi = l^0 - \chi$$

und weil $$Q'M = B - A = Q - l^0$$

$$QM = Q - l^0 - \chi,$$

so dass $$r \sin(l - A) = b \sin(B - A - \chi)$$

$$r \cos(l - A) = \varrho + b \cos(B - A - \chi).$$

Am einfachsten stellt sich die Sache wohl so heraus. Es ist

$$r \sin l = \varrho \sin A + b \sin(B - \chi)$$

$$r \cos l = \varrho \cos A + b \cos(B - \chi),$$

folglich geht der Mittelpunkt des Epicykels auf einer Curve, deren variabler Radius vector

$$\varrho = a\left\{\frac{e}{a}\cos 2D + \sqrt{\left(1-\frac{e^2}{a^2}\sin^2 2D\right)}\right.,$$

er beschreibt gleiche Winkel in gleichen Zeiten um die Erde. Auf dem Epicykel hat der Ort des Mondes ausser der Bewegung des Apogaeums eine periodische, so dass er immer ist $B-\chi$, wo

$$tg\,\chi = \frac{e\sin 2D}{\varrho + e\cos 2D}.$$

Weil hier

$$\chi = \frac{e}{\varrho}\sin 2D - \tfrac{1}{2}\frac{e^2}{\varrho^2}\sin 4D$$

$$\frac{\varrho}{a} = 1 + \frac{e}{a}\cos 2D - \tfrac{1}{2}\frac{e^2}{a^2}\sin^2 2D$$

$$= 1 - \tfrac{1}{4}\frac{e^2}{a^2} + \frac{e}{a}\cos 2D + \tfrac{1}{4}\frac{e^2}{a^2}\cos 4D,$$

so wird, wenn man bloss bis e^2 geht,

$$\chi = \frac{e}{a}\sin 2D - \frac{e^2}{a^2}\sin 4D$$

und

$$l - A = \frac{b}{\varrho}\sin(B-A-\chi) - \tfrac{1}{2}\frac{b^2}{\varrho^2}\sin 2(B-A-\chi)$$

$$= \frac{b}{\varrho}\sin(B-A) - \chi\frac{b}{\varrho}\cos(B-A) - \tfrac{1}{2}\frac{b^2}{a^2}\sin 2(B-A)$$

$$= \frac{b}{a}\sin(B-A) - \frac{b}{a}\frac{e}{a}\sin(B-A)\cos 2D$$

$$- \tfrac{1}{2}\frac{b^2}{a^2}\sin 2(B-A) - \frac{b\,.\,e}{a\,.\,a}\cos(B-A)\sin 2D$$

$$= -\frac{b}{a}\sin(l^\circ - \Omega) + \tfrac{1}{2}\frac{b^2}{a^2}\sin 2(l^\circ - \Omega)$$

$$-\frac{b\,e}{a^2}\sin(2D - (l^\circ - \Omega)),$$

oder, wenn man die obigen Werthe substituirt und $l^\circ - \Omega = M$ setzt,

$$= -6^\circ 3'2\sin M + 19'2\sin 2M - 1^\circ 15'6\sin(2D - M).$$

Die neueren Tafeln haben dafür

$$-6^\circ 17'3 \sin M + 12'8 \sin 2M - 1^\circ 16'5 \sin (2D - M),$$

so dass der Fehler der *Ptolemäi*'schen Hypothese in den ersten Gliedern beträgt

$$-14'1 \sin M, \qquad -6'4 \sin 2M, \qquad -0'9 \sin (2D - M).$$

Die Tafeln von *Ptolemäus* sind so berechnet, dass mit dem Argumente $2D$ man χ findet (Col. 3). Hierauf $l - A$ für

$$B - A - \chi \quad \text{und} \quad r = a + e$$

oder

$$\sin (l - A) = \frac{b}{a + e} \sin (B - A - \chi) \cdot \qquad \text{(Col. 4)}.$$

Es folgt dann die Differenz einer zweiten Mittelpunktsgleichung für $r = a - e$ oder wenn

$$\sin (l' - A') = \frac{b}{a - e} \sin (B - A - \chi)$$

so giebt (Col. 5) $\qquad l' - A' - (l - A).$

Für die Entfernung ϱ ist aber $\frac{b}{\varrho}$ das Maximum der Aequatio Centri und ϱ liegt immer zwischen $a - e$ und $a + e$. *Ptolemäus* nimmt nun an, dass wenn man die Aequatio Centri ϱ mit $f(\varrho)$ und das Maximum derselben für ϱ mit $\varphi(\varrho)$ bezeichnet, sich verhalte

$$\{f(a-e) - f(a+e)\} : \{f(\varrho) - f(a+e)\} = \\ = \{\varphi(a-e) - \varphi(a+e)\} : \{\varphi(\varrho) - \varphi(a+e)\}$$

so dass also wird

$$f(\varrho) = f(a+e) + (f(a-e) - f(a+e)) \left\{ \frac{\varphi \cdot (\varrho) - \varphi(a+e)}{\varphi(a-e) - \varphi(a+e)} \right\}$$

nun ist

$$\varphi(a-e) = \frac{b}{a-e}, \qquad \varphi(a+e) = \frac{b}{a+e}, \qquad \varphi(\varrho) = \frac{b}{\varrho},$$

folglich wird der letzte Factor

$$\frac{\frac{b}{\varrho}-\frac{b}{a+e}}{\frac{b}{a-e}-\frac{b}{a+e}}=\frac{\frac{a+e}{\varrho}-1}{\frac{a+e}{a-e}-1}=\frac{a-e}{2e}\left\{\frac{a+e}{\varrho}-1\right\}$$

$$=\frac{1800\,.\,\frac{1-\frac{e}{a}}{\frac{e}{a}}\left\{\frac{1+\frac{e}{a}}{\frac{\varrho}{a}}-1\right\}}{3600}$$

der Zähler dieses Bruches steht aber etwas ungenau berechnet in Col. (6).

Mit dem obigen Werthe ist, wenn

$2D = 0$	$lg\,\varrho = 0{,}08211$,	und der Zähler	0° 0′	0° 0′
$= 30$	„ $= 0{,}06997$		3 14,3	3 24
$= 60$	„ $= 0{,}03659$		12 38,4	12 26
$= 90$	„ $= 9{,}99039$		26 50,7	26 36
$= 120$	„ $= 9{,}94427$		42 38,5	42 38
$= 150$	„ $= 9{,}91080$		55 12,3	54 54
$= 180$	„ $= 9{,}89866$		60 0,0	60 0

$f(a-\varrho)-f(a+e)$ ist der in der Col. (5) enthaltene Werth.

Ganz auf ähnliche Art wie *Ptolemäus* hier die Evection gefunden, fand Tycho die Variation, welche in den Quadraturen und Syzygien = 0, in den Octanten am grössten, also dem $\sin 2D$ einfach proportional ist, endlich fand *Kepler* eine sogenannte jährliche Gleichung, welche davon abhängt, dass die Bewegung des Mondes sich beschleunigt, wenn die der Sonne sich verzögert und die dem $-\sin$ Anom. der Sonne proportional. Ihre Werthe sind $+39'30'' \sin 2D + 11'13''7 \sin$ Anom. ☉. Man nennt die erste die Variation.

Schon im Eingange dieses Buches hat *Ptolemäus* bemerkt, dass die Bewegung des Mondes von der Parallaxe afficirt werde und daher die Mondfinsternisse vorgezogen, so wie auch bei den Distanzmessungen solche gewählt, bei denen die Parallaxe die Distanz nicht wesentlich ändert (Beobachtungen im Nonagesimus). Im 11. Kapitel giebt er zuerst ein Instrument an, die sogenannte parallactische Regel, womit man die Höhe des Mondes messen kann. Es ist ein System von 3 Linealen, die so verbunden sind,

dass sie immer ein gleichschenkligtes Dreieck bilden, dessen Schenkel eine bestimmte Länge haben. Die Länge der Basis liest man ab und ein Schenkel steht senkrecht. Man erhält vermittelst der Chordentafel so die Zenithdistanz.

Mit diesem hat er den Mond seiner Zenithdistanz nach zur Zeit des Sommersolstitiums in seiner grössten Breite beobachtet und hat sie in Alexandrien nur 2°7′5 gefunden und mit $\varphi = 30°58'$, $\varepsilon = 23°51'3$ findet er damit die Neigung der Mondbahn $i = 5°$. Um seine Parallaxe zu finden, hat er die Zenithdistanz dann auch im Wintersolstiz beobachtet. Er maass sie = 50°55′, zu einer Zeit, wo die Tafeln (die Tafeln für die Breite giebt er mit den Tafeln der Anomalie vereinigt, wobei er das Argument der Breite von $\Omega + 90°$ anrechnet,) mit dieser Neigung sie 49°58′ angeben, folglich betrug die Parallaxe 1° 7′ und dabei war nach seinen Tafeln $r = 39{,}75$ Halbmessern der Erde.

Es war nämlich die mittlere Sonnenlänge 187° 31′ und die mittlere Mondlänge 265°44′, wobei Abstand vom mittlern Apogäum 262°20′.

Es war folglich $A = 265°44'$

$B - A = -262\ 20 = 97°40'$

$D = 78\ 13'$.

Hieraus findet man $\varphi = 4°46'23''$

$lg\,\varrho = 9{,}90621$

$\chi = 7°42',3$

$l = 273\ 12,\ 1$

$l - A = 7\ 28,\ 1$

$lg\ r = 9{,}90995$

$r = 0{,}81274$.

Für diese Entfernung war die Parallaxe bei 50°55′ scheinbare Zenithdistanz 1° 7′, folglich war die Entfernung in Halbmessern der Erde

$$= \frac{\sin 50°55'}{\sin 1°\ 7} = 39{,}831,$$

also für $a = 1,\ \Delta = 49{,}009$,

und für $a + e = 1{,}20812,\ \Delta = 59{,}208$.

Ptolemäus setzt dafür 59. In den Syzygien ist folglich die Entfernung des Centrums des Epicykels 59 oder die Horizontalparallaxe = 58′16″, ein Werth, der nicht allzuweit von unsern

Werthen abweicht. Die äussersten Grenzen bei uns sind 53′ 48″ und 61′ 24″, der mittlere Werth ist 57′ 0″9. Aber da bei *Ptolemäus* diese Parallaxe der mittlere Werth ist und b in Theilen des Erdradius, bei der Entfernung 59 für 1,20812, also 48,835 für 1,0, gleich 5,159 wird, so muss die Entfernung in den Syzygien sein zwischen

64,159 und 53,841,

die Parallaxe zwischen 53′ 35″ „ 63′ 51″.

Es kann aber in den Quadraturen die Entfernung kommen bis (wegen e in Theilen des Halbmessers der Erde 10,164) zu

43,831 und 33,503

und die Parallaxe zu 78′ 26″ „ 102′ 38″,

welches ganz fehlerhafte Werthe sind.

Es ist dabei merkwürdig, dass bei der Aufgabe für Parallaxe *Ptolemäus* nicht die einfache Gleichung

$$R \sin z' = r \sin p$$

gebraucht, sondern die nur näherungsweise richtige

$$y = R \sin z, \qquad x = R \cos z,$$
$$r = x + y \text{ cosec. } p.$$

Die Bestimmung der Durchmesser der Sonne und des Mondes durch ein Instrument nach *Hipparch*, wo auf einer langen Regel eine Oeffnung so lange verschoben ward, bis sie einen Gegenstand fasste, beschränkt *Ptolemäus* nur auf den Fall, wo die Durchmesser gleich sind, was bei der Sonne für ihn das ganze Jahr hindurch der Fall ist. Sonnen- und Monddurchmesser findet er nur gleich im Apogäum der Mondbahn, nicht in der mittleren Entfernung. Die wahre Grösse bestimmt er nach zwei alten Finsternissen 620 u. 522 a. C., wo $\frac{1}{4}$ Durchmesser südlich bei einer Breite von 48′5 und $\frac{1}{2}$ Durchmesser südlich bei einer Breite von 40′40″, beide male bei der grössten Entfernung des Mondes verfinstert wurde. Es folgt hieraus $\frac{1}{4}$ Durchmesser = 7′50″ oder der Durchmesser im Apogäum = 31′20″ und der Halbmesser des Schattens = 40′40″, folglich war das Verhältniss des letzteren zum Radius $= \frac{40\frac{2}{3}}{15\frac{2}{3}} = \frac{122}{47} = 2{,}6$, welches Verhältniss immer nahe constant bleibt.

Hieraus wird im 15. Capitel nach *Hipparch* die Entfernung der Sonne hergeleitet. Denn es sei die Distanz der Erde vom Monde

$= \Delta'$, der Erde von der Sonne $= \Delta$. Der wahre Halbmesser der Sonne, der Erde und des Mondes seien in einem Längenmaasse s, t, l und der des Schattens h, so wird sich verhalten

$$t - h : s - t = \Delta' : \Delta,$$

nun aber ist für das Apogäum des Mondes $\Delta' = 64{,}159$, wenn $t = 1$, nach oben, $s = \Delta \sin 15'40''$, $h = 2{,}6\ \Delta' \sin 15'40''$, folglich hat man

$$\Delta = \frac{64{,}159}{3{,}6 \cdot 64{,}159 \sin (15'40'') - 1} = 1220{,}25$$

Ptolemäus hat 1210.

Hieraus findet er die Grösse der Halbmesser und es findet sich der Halbmesser des Mondes $= 1$,

der der Erde $= 3{,}42$, *Ptolemäus* hat 3,4
der der Sonne $= 18{,}86$ „ „ 18,8.

Mit diesen Daten berechnet *Ptolemäus* die Höhenparallaxen für $\Delta' = 64\frac{10}{60}$, $53\frac{50}{60}$, $43\frac{53}{60}$, $33\frac{33}{60}$ und findet sie bei 30° Zenithdistanz bei der Sonne 1′25″ und bei dem Monde

27′9″, 32′27″, 40′0″, 52′30″.

Er berechnet sie nämlich nach der Formel

$$p = \frac{\sin z}{\Delta - \cos z} \quad \left(\text{die richtige ist } tg\, p = \frac{\sin z}{\Delta - \cos z}\right)$$

woraus man erhält für $z = 30°$

27′9″3, 32′27″1, 39′57″5, 52′35″5.

Diese Parallaxen sind die dem Apogäum und Perigäum des Epicykels zugehörigen. Um für andere Distanzen sie zu erhalten schlägt *Ptolemäus* den künstlichen Weg ein, erst für verschiedene Punkte des Epicykels und nachher für verschiedene Punkte des excentrischen Kreises sie zu berechnen.

Hier geht das *Encke*'sche Manuscript zu Ende, es finden sich nur noch einzelne kurze Notizen, die er sich für seine Vorlesungen gemacht zu haben scheint und die ohne weiteres Interesse für die Leser dieser Zeitschrift sind.

Bruhns.

Elementare Entwickelung des Gesetzes, nach welchem die Himmelskörper sich bewegen.

Von Herrn Dr. *Friedrich Sieveking*.

Wenn die ursprüngliche Bewegung eines Körpers durch eine beständig nach Einem Puncte wirkende Anziehungskraft gestört wird, so folgt aus dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte, dass der von dem anziehenden Puncte nach dem Körper gezogene radius vector in gleichen Zeiten immer gleiche Räume durchläuft. (s. die anliegende Figur.)

Je grösser die Entfernung des anziehenden Punctes vom Körper, desto langsamer muss also die Bewegung werden, und es ist leicht einzusehen, dass das Verhältniss der Anziehungskraft zu der Schnelligkeit der Bewegung und das Gesetz für eine Veränderung der anziehenden Kraft nach Maassgabe der verschiedenen Entfernung des Körpers vom anziehenden Punct der Art sein könne, dass der Körper nach einiger Zeit sich in einer seiner ursprünglichen Richtung entgegengesetzten Richtung bewegt, und von da an sich dem anziehenden Punct auf dieselbe Weise wieder nähern muss, wie er sich vorher von demselben entfernt hatte, so dass er eine geschlossene symmetrische Curve um den anziehenden Punct beschreibt, deren Krümmung an je zwei sich gegenüberliegenden Endpuncten eines Durchmessers immer gleich sein muss, wie es bei dem Kreise und der Ellipse der Fall ist.

Gesetzt nun, ein Planet bewegte sich um die Sonne in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne stände; so müsste, wenn man eine von der Sonne ausgehende anziehende Kraft annimmt, der von der Sonne nach dem Planeten gezogene radius vector in gleichen Zeiten immer gleiche Räume durchlaufen, und

also müssten die Geschwindigkeiten des Planeten in den verschiedenen Theilen seiner Bahn sich umgekehrt wie die Entfernung von der Sonne, multipicirt mit dem sinus des Winkels zwischen dem radius vector und der jedesmaligen Richtung der Bewegung des Planeten, das ist mit dem sinus des Winkels zwischen dem radius vector und der Tangente der Bahn verhalten.

Nennt man nun die Entfernung zweier Puncte in der Bahn von der Sonne r und r' und die Geschwindigkeit in diesen Puncten v und v', so verhält sich, wenn die Winkel zwischen den beiden radiis vectoribus und den Tangenten an den beiden Puncten mit V und V' bezeichnet werden, $r \sin V : r' \sin V' = v' . v$.

Die Centrifugalkraft in jedem Punct der Ellipse, wo die Geschwindigkeit $= v$ und der Krümmungshalbmesser $= \varrho$, ist aber gleich $\frac{v^2}{\varrho}$.

Im Perihel und Aphel sind aber die Krümmungshalbmesser unter einander gleich, und da hier $\sin V = \sin V' = 1$ ist; so verhält sich hier die Centrifugalkraft wie das Quadrat der Geschwindigkeit in beiden Puncten. Wenn also v die Geschwindigkeit im Perihel und folglich nach dem obigen Verhältniss $v' = \frac{rv}{r'}$ die Geschwindigkeit im Aphel ist; so ist das Verhältniss der Centrifugalkraft in beiden Puncten $\frac{v^2}{\varrho} : \frac{v'^2}{\varrho} = r'^2 : r^2$.

Um dieser Kraft das Gleichgewicht zu halten, muss also die Anziehungskraft der Sonne an beiden Puncten sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernungen verhalten; denn hier ist in beiden Puncten der sinus des Winkels zwischen radius vector und Tangente $= 1$. Wenn man also die Anziehungskraft in beiden Puncten respective mit P und P' bezeichnet; so verhält sich $P : P' = r'^2 : r^2$. Dies gilt aber nicht nur für diese beiden Puncte in der Bahn, sondern für die ganze Ellipse; denn in allen Puncten der Ellipse, in welchen die respectiven Krümmungs-Halbmesser unter einander gleich sind, bildet der von dem anziehenden Brennpunkt gezogene radius vector mit der Tangente an diesen Puncten einen gleichen Winkel, dessen sinus also auch derselbe ist.

Damit die anziehende Kraft der Centrifugalkraft direct entgegenwirkend angesehen werden könne, muss sie aber mit dem cosinus des Winkels zwischen radius vector und Krümmungshalbmesser, oder, was dasselbe ist, mit dem sinus des Winkels zwischen radius vector und Tangente multiplicirt werden, und wenn man diesen Winkel mit V bezeichnet, so hat man also das Verhältniss $P \sin V : P' \sin V = \frac{v^2}{\varrho} : \frac{v'^2}{\varrho}$, und da für jeden Punkt der Ellipse der Krümmungshalbmesser demjenigen an dem gegenüberliegenden Ende des Durchmessers gleich ist; so gilt das Gesetz $P : P' = r'^2 : r^2$ für die ganze Ellipse; und zwar liegt darin der Beweis, dass, wenn ein Planet sich nach dem Gesetz der Veränderung der anziehenden Kraft im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung in einer geschlossenen Curve um die Sonne bewegt, diese Curve nur eine Ellipse oder ein Kreis sein kann. Denn wenn man den Anziehungspunkt nicht in den Mittelpunkt der Curve setzt, so lässt sich keine andre Curve als die Ellipse so construiren, dass der nach zwei Endpuncten eines Durchmessers, wo der Krümmungshalbmesser gleich ist, gezogene radius vector immer gleiche Winkel mit der Tangente macht. Dies gilt vielmehr nur für die aus dem Brennpunct einer Ellipse gezogenen Radien, und dass die Sonne nicht im Mittelpunct der Planetenbahnen steht, ergiebt sich aus der Ungleichheit der Geschwindigkeit sowohl der Erde als der übrigen Planeten in je zwei gegenüberliegenden Puncten ihrer Bahn.

Für eine Bahn in einer Parabel oder Hyperbel liesse sich schon nach der Analogie dieser Kegelschnitte und der Ellipse gleichfalls die Gültigkeit des Gesetzes der Anziehungskraft im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung vermuthen; denn man kann die Parabel als eine Ellipse mit unendlich grosser Axe ansehn, und die Gleichung für die Hyperbel ist dieselbe wie die für die Ellipse, wenn man in dieser $-b^2$ für $+b^2$ setzt. Indessen lässt es sich mit Hülfe einiger Sätze aus der Lehre von den Kegelschnitten auch strenge beweisen (siehe die Anlage).

Das dritte Keplerische Gesetz für die Bewegung der Planeten in Ellipsen, dass nämlich die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Cubusse der grossen Axen verhalten, ergiebt sich aus Folgendem:

Der Krümmungshalbmesser für den Kreis ist gleich dem Halbmesser a oder $\frac{a^2}{a}$. Sieht man nun die Ellipse als einen abgeflachten Kreis an; so tritt die halbe kleine Achse b an die Stelle eines von zwei rechtwinklig gegen einander gerichteten Halbmessern des Kreises, — und der Krümmungshalbmesser für die Endpuncte der grossen Axe wird $\frac{b^2}{a}$ und der für die Endpuncte der kleinen Axe wird $\frac{a^2}{b}$. Die Centrifugalkraft im Perihel wird also $\frac{v^2}{\varrho} = \frac{a}{b^2} v^2$. Dieser muss also die Anziehungskraft der Sonne in der Entfernung $a - \alpha$, (wo a die halbe grosse Axe und α die Entfernung des Brennpuncts vom Mittelpunkt der Ellipse bedeutet) das Gleichgewicht halten. Da nun hier $\sin V = 1$ ist, so ist $\frac{P}{(a-\alpha)^2}$ im Perihel $= \frac{a}{b^2} v^2$ und $v = \frac{b\sqrt{P}}{(a-\alpha)\sqrt{a}}$, wo P die Anziehungskraft in der Einheit der Entfernung bedeutet.

Nennt man nun den in der Zeiteinheit vom radius vector durchlaufenen Raum $\frac{c}{2}$, so hat man $c = (a-\alpha)v = \frac{b\sqrt{P}}{\sqrt{a}}$. Der Flächenraum der ganzen Ellipse ist aber $\pi a b$, also $\frac{2\pi a b}{c} = T$, wo T die ganze Umlaufszeit bedeutet, und also $T = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{P}}$ und für eine andere Ellipse $T' = \frac{2\pi a'^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{P}}$, also $T^2 : T'^2 = a^3 : a'^3$ q. e. d.

Genau genommen ist indessen dies Verhältniss nicht ganz richtig, weil die Planeten auch ihrerseits die Sonne anziehn, und daher die Sonne und die Planeten in Ellipsen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunct sich bewegen. Um die Anziehungskraft der einzelnen Planeten in Rechnung zu bringen, muss man daher an die Stelle von P, welches die Anziehungskraft der Sonne bedeutet, $P+p$ setzen, wo p die Anziehungskraft der einzelnen Planeten ausdrückt und also für die verschiedenen Planeten einen verschiedenen Werth hat.

Wenn die Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper sich in einer gegen die von demselben nach der Sonne gezogene Linie in rechtwinkeliger Richtung bewegt, $= v$, und die Entfernung von

der Sonne $= x$ ist, und die Centrifugalkraft der anziehenden Kraft der Sonne in der Entfernung x gleich ist; so wird, wenn $\frac{v^2}{x} = \frac{P}{x^2}$, $v = \sqrt{\frac{P}{x}}$ der Körper sich in einem Kreise um die Sonne bewegen, weil der Krümmungshalbmesser dieses Kreises gleich x ist und also die Centrifugalkraft gleich $\frac{v^2}{x}$.

Ist die Geschwindigkeit kleiner als $\sqrt{\frac{P}{x}}$; so wird der Planet sich innerhalb dieses Kreises in einer, je kleiner die anfängliche Geschwindigkeit ist, immer flacheren und kleineren Ellipse um die Sonne bewegen, bis diese Ellipse so klein und flach wird, dass er in die Sonne fällt (s. die anliegende Figur). Wenn dagegen die Geschwindigkeit grösser als $\sqrt{\frac{P}{x}}$ ist, so wird der Planet sich in einer Ellipse, deren grosse Axe bei grösserer Geschwindigkeit immer grösser wird, um die Sonne bewegen, bis die anfängliche Geschwindigkeit gleich $\sqrt{\frac{2P}{x}}$ wird. Dann wird nämlich die grosse Axe der Bahn unendlich, und die Bahn wird eine Parabel; denn im Scheitel der Parabel ist der Krümmungshalbmesser ϱ gleich der doppelten Entfernung des Scheitels vom Brennpunkt, also $\varrho = 2x$ und $\frac{v^2}{\varrho} = \frac{P}{x^2}$, d. i. die Centrifugalkraft gleich der Anziehungskraft der Sonne in der Entfernung x.

Wenn die anfängliche Geschwindigkeit noch grösser als $\sqrt{\frac{2P}{x}}$ ist, so geht die Bahn in eine Hyperbel über (s. die anliegende Figur).

Wenn man nun die vorstehende Entwickelung des Gesetzes, nach welchem die Himmelskörper sich bewegen, zu Grunde legt, und danach annimmt, dass alle Körper sich in umgekehrtem Verhältniss des Quadrats der Entfernung und im graden Verhältniss ihrer Massen einander anziehn; so giebt dies ein Mittel, das Verhältniss der Masse der Erde zu der des Mondes und derjenigen der Sonne zu berechnen.

Die Anziehungskraft, welche ein Planet gegen seine Trabanten ausübt, verhält sich nämlich zu der Anziehungskraft der Sonne gegen die Erde, wie der mittlere Halbmesser der Bahn des Tra-

banten um seinen Planeten, getheilt durch das Quadrat seiner siderischen Umlaufszeit, zu der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, getheilt durch das Quadrat des irdischen Sternenjahrs. Um diese Anziehungskräfte auf dieselbe Entfernung zu reduciren, muss man jede mit dem mittleren Halbmesser seiner Bahn multipliciren, und da bei gleicher Entfernung sich die Massen wie ihre Anziehungskräfte verhalten; so verhält sich die Masse der Erde zu der Sonnen-Masse wie der Cubus der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde, getheilt durch das Quadrat seiner siderischen Umlaufszeit, zum Cubus der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, getheilt durch das Quadrat des Sternenjahrs.

Auf dieselbe Weise lassen sich die Massen der Planeten, welche Trabanten haben, ermitteln. Die Massen der Planeten, welche keine Trabanten haben, lassen sich nicht so einfach finden, sondern es bedarf dazu der Berechnung der durch sie bewirkten Störung der Bewegung anderer Himmelskörper.

Das Verhältniss der Erdmasse zur Masse der Sonne lässt sich aber noch besser durch Vergleichung der mit grosser Genauigkeit aus Beobachtung der Pendelschwingungen abzuleitenden Schwerkraft auf der Oberfläche der Erde mit der Anziehungskraft der Sonne gegen die Erde berechnen.

Wenn man nämlich die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Einheit annimmt; so ist der Bogen, welchen die Erde in ihrer Bahn um die Sonne in einer Secunde beschreibt, gleich dem Verhältniss des Kreises zum Halbmesser, getheilt durch die Secundenzahl des Sternjahrs. Theilt man nun das Quadrat dieses Bogens durch den Durchmesser, so hat man den dazu gehörigen sinus versus oder den Fallraum der Erde gegen die Sonne in einer Secunde.

Berechnet man ferner aus der Schwerkraft auf der Oberfläche der Erde die Anziehungskraft, welche die Erde in ihrer Entfernung von der Sonne ausübt, nach dem umgekehrten Verhältniss des Quadrats des mittleren Erdhalbmessers zu dem Quadrat der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, so erhält man das Verhältniss der Erdmasse zur Sonnenmasse.

Eine wesentliche Grundlage aller dieser Rechnungen ist die möglichst genaue Kenntniss der Entfernung der Erde von der

Sonne, welche sich hoffentlich aus dem im Jahre 1874 zu erwartenden Vorübergehen der Venus vor der Sonne ergeben wird.

Unter Annahme von 8"92 für die Sonnenparallaxe findet man ein Verhältniss der Erdmasse zur Sonnenmasse ungefähr wie 1 : 319000, während das Verhältniss des Cubikinhalts der Erde zu dem der Sonne ungefähr 1 : 1247000 ist. Daraus ergiebt sich ein Verhältniss der Dichtigkeit der Sonne zur Dichtigkeit der Erde wie 1 : 3,9, und wenn man das Verhältniss der Dichtigkeit der Erde zur Dichtigkeit des Wassers wie 6 : 1 annimmt, so verhält sich die Dichtigkeit der Sonne zur Dichtigkeit des Wassers wie 20 : 13 oder ungefähr wie 3 : 2.

Beweis der Anziehungskraft im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung.

Für die Parabel.

Die Gleichung der Parabel ist $y^2 = 2px$. Der Krümmungshalbmesser ϱ ist in allen Kegelschnitten gleich dem Cubus der Normale, getheilt durch das Quadrat des Halb-Parameters. Bezeichnet man nun die Geschwindigkeit eines von der Sonne angezogenen Körpers mit v, den radius vector mit r und den Winkel zwischen radius vector und Tangente mit V, so hat man nach den gehörigen Reductionen: da $2r = p + 2x$,

$$\varrho = \frac{\sqrt{8r^3}}{\sqrt{p}}$$ und für einen andern Punct der Bahn

$$\varrho' = \frac{\sqrt{8r'^3}}{\sqrt{p}}$$

$$\frac{v^2}{\varrho} = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{8r^3}}\, v^2; \quad \frac{v'^2}{\varrho'} = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{8r'^3}}.$$

$$Tang\, V = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2x}}, \quad \sin V = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2r}}$$

$$r \sin V = \frac{r\sqrt{p}}{\sqrt{2r}}; \quad r' \sin V' = \frac{r'\sqrt{p}}{\sqrt{2r'}}$$

und nach dem Gesetz, dass der radius vector in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft $v\,r\,sin\,V = v'\,r'\,sin\,V'$

$$v^2 = \frac{r'^2\,sin^2\,V'}{r^2\,sin^2\,V} = \frac{r'}{r} v'^2$$

$\frac{v^2}{\varrho\,sin\,V} = \frac{1}{2\,r}\,v^2 = \frac{r'}{2\,r^2}\,v'^2 = P$ das heisst Anziehungskraft in r Entfernung und für die Anziehungskraft in der Entfernung $=$ $r' : P' = \frac{1}{2\,r} v'^2$, also: $P : P' = r'^2 : r^2$.

Für die Hyperbel.

Die Gleichung für die Hyperbel ist: $a^2 y^2 - b^2 x^2 = -a^2 b^2$;

$$y^2 = \frac{b^2\,(x^2 - a^2)}{a^2}$$

$$r^2 = \frac{\alpha^2\,x^2 - 2\,a^2\,\alpha\,x + a^4}{a^2}, \text{ wo } \alpha = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\varrho = \frac{(\alpha^2\,x^2 - a^4)^{\frac{3}{2}}}{a^4\,b}; \quad sin\,V = \frac{a\,b}{\sqrt{\alpha^2\,x^2 - a^4}}$$

$$\varrho\,sin\,V = \frac{\alpha^2\,x^2 - a^4}{a^3}$$

für $x = a$ wird $\varrho\,sin\,V = \frac{\alpha^2 - a^2}{a} = \frac{b^2}{a}$

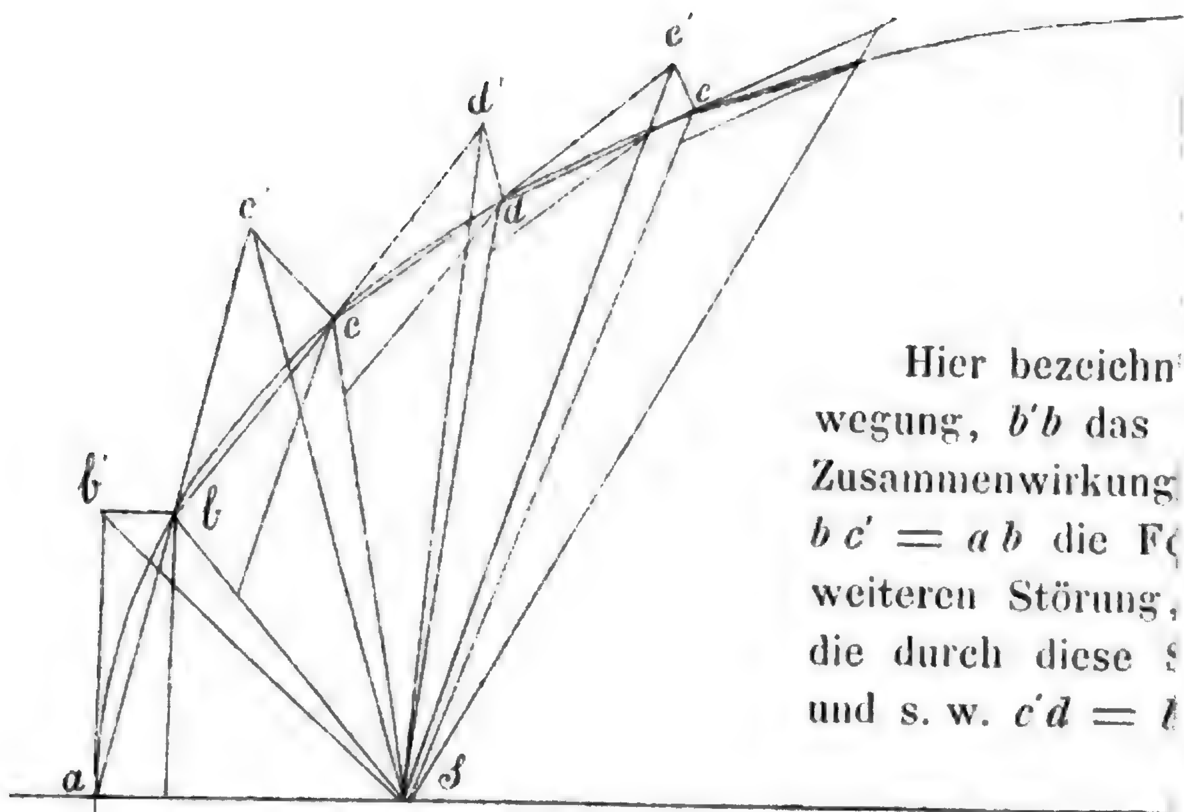
$$P = \frac{a}{b^2} v^2$$

für $x = m$ wird $\varrho'\,sin\,V' = \frac{\alpha^2\,m^2 - a^4}{a^3}$

$$P' = \frac{a^3}{\alpha^2\,m^2 - a^4}\,v'^2 = \frac{r^2}{r'^2}\,\frac{sin^2\,V}{sin^2\,V'}\,\frac{a^3}{\alpha^2\,m^2 - a^4}\,v^2 =$$

$$\frac{r^2}{r'^2}\,\frac{\alpha^2\,m^2 - a^4}{a^2\,b^2}\,\frac{a^3}{\alpha^2\,m^2 - a^4}\,v^2 = \frac{a}{b^2}\,\frac{r^2}{r'^2}\,v^2$$

$P^2 : P'^2 = r'^2 : r^2$.



Hier bezeichn
wegung, $b'b$ das
Zusammenwirkung
$bc' = ab$ die F
weiteren Störung,
die durch diese S
und s. w. $c'd = b$

$\Delta Sab = \Delta Sbc' = \Delta Sbc$

Ergänzungen

und

Druckfehler-Verzeichniss

zum 3. und 4. Hefte des zweiten Bandes der Zeitschrift für populäre Mittheilungen aus dem Gebiete der Astronomie und verwandter Wissenschaften.

Herausgegeben von Professor Dr. C. A. F. Peters,
Director der Sternwarte zu Altona.

S. 165 Z. 17 v. u. lies neunmonatigem statt neunmonatlichem.
„ 165 „ 14 „ „ „ Lummis statt Lumms.
„ 168 „ 3 v. o. „ können statt könne.
„ 168 „ 5 „ „ „ dass statt das.
„ 171 „ 6 v. u. „ Resultat statt Resulnt.
„ 171 „ 3 „ „ „ Venusbahn statt Erdbahn.
„ 171 „ 2 „ „ „ Venusdurchgang statt Erddurchgang.
„ 171 „ 2 „ „ „ 1761 statt 1861.
„ 171 „ 1 „ „ „ 1769 statt 1869.
„ 172 „ 12 „ „ fehlt das Komma hinter dem Worte „kleinen",
„ 174 „ 14 „ „ lies Voraussetzung statt Vorraussetzung.

Anmerkung zur zweiten Note pag. 174. In Nr. 1409 der A. N. giebt Herr Doctor *Winnecke* als provisorische Ableitung der Sonnenparallaxe den Werth 8″.964. Die *Encke*'sche Zahl ist bekanntlich 8″.57116 und vermehrt man diese um $\frac{1}{30}$ ihres Werthes, also um 0″.28571, so würde man erhalten: 8″.85687. An einem andern Orte äussert Herr Doctor *Winnecke*, dass durch diese Vermehrung der Parallaxe die in Frage stehende Secularbewegung des Merkurperiheles ihre Erklärung nicht finden könne.

Im 23. Bande pag. 185 der Monthly Notices theilt *Airy* als Resultat der Beobachtungen der Mars-Opposition vom Jahre 1862 zu Greenwich in Vergleich mit Williamstown in Australien mit, dass daraus für die mittlere Aequatoreal-Horizontal-Parallaxe der Sonne folge = 8″.932 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0″.032, ein

Werth, der von dem durch *Le Verrier* in seinen Sonnentafeln angenommenen (= 8″.95) nur wenig differire. In demselben Bande der Monthly Notices pag. 243 setzt *Hansen* die aus der Bearbeitung seiner Mondtafeln folgende Sonnenparallaxe = 8″.97.

S. 177 letzte Zeile lies *Frisch*'sche Ausgabe statt „griechische“.
„ 188 Z. 6 v. o. „ ihr statt ihm.

„ 188. Zu *Dangos* Beobachtung. In einer Stelle in dem Werke von *Chladni* über Feuermeteore (1819) heisst es Seite 199 „*Lalande,* der von dieser Beobachtung (nemlich der von *Dangos*) in den allgemeinen geographischen Ephemeriden des Freiherrn *von Zach* (1. Band pag. 371) Nachricht giebt, fügt hinzu:“ Er erinnere sich im Jahre 1794 einen runden und dunkeln Fleck auf der Sonne bemerkt zu haben, den er Abends nicht wiederfand.

S. 192 Z. 15 v. u. lies März 1 statt Mai 1.
„ 192 „ 2 „ „ „ überhaupt statt uberhaupt.

„ 193. Zur Beobachtung von *Capel Lofft.* In dem oben erwähnten Werke von *Chladni*, das übrigens manche irrige Citate auf der fraglichen Seite enthält, ist die Beobachtung von *Capel Lofft* nicht auf Januar 6. 18**18**, sondern auf Januar 6. 18**16** gesetzt und gesagt, sie stehe im Monthly Magazine vom 1. August 1816, sowie im Journal of Science Nr. IX. pag. 117. Auch in *Gentlemans* Magazin ungefähr um 1763 solle sich eine Nachricht von einer ähnlichen Beobachtung finden. Es hat nun Herr Professor *Klinkerfues* in Göttingen die Güte gehabt, auf Bitte des Referenten das Citat aus dem Journal of Science auf dortiger Universitäts-Bibliothek nachzuschlagen und gefunden, dass auch dort die Jahrszahl 1818 steht, *Chladni*'s Citat also ungenau, dagegen *Carrington*'s Bericht in Vol. XX. pag. 194 der Monthly Notices völlig richtig ist.

S. 194 Z. 14 v. o. lies Torriano statt Torriemo.
„ 198 „ 4 „ „ „ „angestellten und“ statt „die.“
„ 203 „ 2 v. u. „ „auch“ statt „auf.“

Zu Seite 204. Ein Schreiben des Herrn *v. Pastorff* an *Wartmann* in Genf vom 30. März 1837, befindet sich nach *Benzenbergs* Berichte (in dessen Buche, Sternschnuppen, Hamburg bei *Perthes* 1839) in der Correspondance mathématique et physique von *Quetelet* in Brüssel Monat August 1837 pag. 143.

Die Stelle in der Correspondance lautet im Auszuge:

M. Pastorff a vu comme on sait deux petits astéroides passer six fois en 1834 devant le disque du soleil dans les directions et avec des vitesses variables. Le plus grand avait environ 3″ de degré de diamètre et le plus petit 1″ ou 1¼″. Tous les deux paraissent parfaitement ronds, tantôt le plus petit précédait le plus grand, tantôt c'était l'inverse.

Les dessins faits par *M: Pastorff* dont pour leur distance mutuelle la plus grande qu'il ait observée, un arc de 1′ 16″. Ces corps se trouvaient souvent très-voisins et leur trajet sur le disque du soleil durait un petit nombre d'heures.

Ils avaient l'aspect d'une tache noire sombre, comme Mercure dans ses passages, et différaient des taches du soleil, en ce que celles-ci se montrent beaucoup plus pales et ne sont pas rondes en général.

Pastorff schreibt von *Buchholz* vom 30. März 1837, dass er den 18. October und 1. November vorigen Jahres, ebenfalls den 16. Februar dieses Jahres von Neuem zwei schwarze Punkte gesehen hat von ungleicher Grösse, sich um die Sonne bewegen.

M. Pastorff a déterminé leur position en parties de l'arc almicantarat vertical ou horizontal du contour du soleil et il a trouvé que les deux petits corps observés le 18. Octobre 1836 depuis 2 heures 48^m jusqu'à 3^h 42^m avaient fait un chemin de 6′ et que ceux observés le 16 février dernier depuis 3^h 40^m jusqu'à 4^h 10^m avaient dans cet intervalle fait un trajet de 14′.

Weiter enthält dieser Brief keine Angaben.

In den ersteren Anführungen aus dem Jahre 1834 ist also ein Mehres nicht enthalten als in Nr. 273 der Astronomischen Nachrichten. Aus dem Schreiben vom 30. März 1850 aber geht hervor, dass am 16. Februar 1837 es ebenfalls zwei Objecte waren, deren Transit vor der Sonnenscheibe beobachtet worden, sowie dass die von *Herrick* den Flecken vom 1. November 1836 zugeschriebene Passage sich nicht auf diese, sondern auf die Beobachtung vom 18. October 1836 bezieht. Diese Zweifel würden daher zu beseitigen sein.

Referent beklagt es deshalb sehr, dass seine Bemühungen, sich die Einsicht der in England befindlichen *Pastorff*'schen Original-Beobachtungen, in ähnlicher Weise zu verschaffen, wie es ihm durch die Güte des Herrn *Eichhorn* zu Nürnberg mit dem *Staudacher*'schen Manuscripte u. s. w. gelungen war — so gänzlich fehlgeschlagen sind. Er hatte sich dieserhalb brieflich an Herrn

Carrington gewandt, der auch unterm 16. Juni 1864 erwiederte, „wie er dieserhalb mit Sir *John Herschel* sich in Communication „gesetzt, und gern die Vermittelung übernommen haben würde, „jedoch bedauere, dass Letzterer nicht eingewilligt habe, dass diese „Beobachtungs-Journale aus England herauskämen“.

Da nun eine so bedeutende astronomische Autorität wie Sir *John Herschel* auf sichere Aufbewahrung der *Pastorff*'schen Beobachtungen solches Gewicht legt, so muss doch wohl deren Inhalt für die Wissenschaft von grossem Interesse sein, und Referent vermag daher den Wunsch nicht zu unterdrücken, dass es einem der Mitglieder der verehrlichen Königlichen astronomischen Societät gefallen möchte, jene Original-Beobachtungen zu revidiren, um zu ermitteln, was sich daraus für etwaige subtellurische Planeten herausfinden lässt, sowie das Resultat dieser Nachforschung ausführlich zu publiciren, indem das, was darüber bis jetzt veröffentlicht ist, so sehr den Character des Aphoristischen, Unsicheren und Unvollständigen an sich trägt.

S.	206	Z.	7	v.	o.	lies	Flaugergues statt Flaugerguer.
„	209	„	12	v.	u.	„	in statt aus.
„	210	„	16	„	„	„	das statt den.
„	210	„	15	„	„	„	wesentliche statt wesentlichen.
„	212	„	8	„	„	„	jedenfalls statt ebenfalls.
„	214	„	2	„	„	„	kleinen statt kleinem.
„	217	„	13	v.	o.	„	oben statt eben.

Zu Seite 218. Auf die in dem *Chladni*'schen Werke über Feuermeteore pag. 399 enthaltene Bemerkung „dass sich in „*Gentlemans* Magazine“ ungefähr um 1763“ eine ähnliche Beobachtung (nemlich wie die von *Capel Lofft* am 6. Januar 1818 angestellte) finden solle, ging Referent die Bände dieses Werkes von 1762 bis 1768 durch, ohne jedoch etwas anderes finden zu können, als in dem Bande für 1768 Seite 491 die unter den *diversen* Merkwürdigkeiten jenes Jahres stehende Notiz, dass am 2. October 1768 ein Fleck auf der Sonne sich befunden habe, der in einem gewöhnlichen Opernglase sichtbar gewesen. Dabei heisst es dann ganz kurz noch: „It longest „diameter is nearly double that of Venus as seen in 1760“ (soll wahrscheinlich heissen: wie Venus beim Transit von 1761). Ob der Fleck auch an den vorhergehenden und folgenden Tagen gesehen, ist also nicht gesagt. Immerhin ist aber des Datums (2. Oc-

tober) wegen die Beobachtung es vielleicht werth, der Vergessenheit entrissen zu werden, da sie mit der von *de Cuppis* auf ein und denselben Tag fällt. Allerdings kann der Umstand, dass von einem „längeren“ Durchmesser gesprochen wird, so gedeutet werden, dass dies Phänomen auf einen eigentlichen Sonnenfleck von bedeutender Grösse zu beziehen ist, der eine ovale Form gezeigt hat. Letztere aber, die in grösseren und besseren Fernrohren, wie bereits erwähnt, auch bei den Passagen von Venus und Merkur einigen Beobachtern aufgefallen ist, condemnirt die Sache für sich allein noch wohl nicht.

S. 221 Z. 2 v. u. lies Inhalts statt In Betreff.
„ 224 „ 3 v. o. „ énorme statt énormes.
„ 225 „ 16 v. u. „ Monthly statt Monthy.

Zu Seite 226. In Nr. 148 der Sonnenflecken-Literatur bei *Wolf* sind nach den Mittheilungen von Professor *Legrand* zu Montpellier die Sonnenfleckenbeobachtungen aufgeführt, die *François de Plantade,* Mitglied der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Montpellier, von 1705—1726 anstellte. Für den Monat August 1705 sind darin keine Sonnenbeobachtungen enthalten. Dagegen lautet die Aufzeichnung für 1706 von Mai 21 bis incl. Mai 29 (0 . 0). Von hier bis zum 6. December 1706 sind keine Observationen angeführt. Es geht aber doch hieraus wenigstens so viel hervor, dass am 29. Mai 1706 derjenige rasch veränderliche Fleck noch nicht gesehen wurde, den *Cassini* als dem Mittelpunkte der Sonne äusserst nahe am 4. Juni 1706 beobachtete.

S. 227 Z. 19 v. u. lies Venus-Trabanten statt Mercurs-Trabanten.
„ 227 „ 15 „ „ „ indicirt statt indirect.
„ 229 „ 4 v. o. „ schön statt schon.
„ 229 „ 10 „ „ „ da statt die.
„ 231 „ 2 „ „ „ Inhalts statt In Folge.
„ 231 „ 18 v. u. „ indicirt statt indirect.
„ 235 „ 2 v. o. „ 9$\frac{3}{4}$ Uhr statt 5$\frac{3}{4}$ Uhr.

„ 236 ist in der dort gegebenen Tabelle für den Monat Februar hinzuzufügen: 1864 Februar 12. New-York (??) und für den Monat August: 1853 August 30. *Jaennicke* zu Frankfurt a. M.

Unterm 16. Juni 1864 erhielt Referent ein Schreiben von einem befreundeten englischen Astronomen, worin es heisst: „Wir haben „eben aus New-York eine Abhandlung erhalten, über eine angeb- „liche Beobachtung eines Planeten auf der Sonne am 12. Fe- „bruar 1864, aber ich nehme keinen Anstand, dieselbe als ein

„Machwerk zu bezeichnen, dass keiner weiteren Beachtung werth „ist. Der Verfasser nennt sich *S. Reswill* (NB. dieser Name ist „nicht recht deutlich geschrieben) zu New-York. Es sind aber ver„schiedene Rechnungsfehler in der gedruckten Abhandlung, wodurch „allein auf den ersten Blick der Abhandlung eine Basis gegeben ist. „Dabei ist es vermieden, die Beobachtung im détail zu geben, was „ebenfalls verdächtig ist, und das ganze Ding ist „discreditable.““

Die Versuche des Referenten, etwas Näheres über die Sache zu erfahren und sich Einsicht in die Abhandlung selbst zu verschaffen, sind bislang vergeblich gewesen. Weder in den Monthly Notices bis incl. Juni noch in den Comptes Rendus der Pariser Academie bis Ende Juli 1864 ist etwas darüber enthalten. Dagegen findet sich in den Comptes Rendus Nr. 22 (30. Mai 1864) pag. 990. „Note sur la constitution physique du Soleil etc. par *M. Petit.*“ Inhalts dieser Note hat Herr *Petit* (anscheinend der bekannte Director der Sternwarte zu Toulouse) am 12. Februar 1864 11^h 30^m Morgens zwei sehr kleine im Contacte befindliche Sonnenflecke ganz am Rande der Sonne sehr genau beobachtet und gemessen zu dem Zwecke, um daraus die Höhe derjenigen inneren Atmosphäre der Sonne zu bestimmen, die sich vom eigentlichen Sonnenkerne bis zur Photosphäre derselben erstreckt, die er daraus zu etwa 6500 Kilometer ableitet. Dann heisst es noch, dass der Himmel um 11^h 45^m sich bedeckt habe, und während des übrigen Theils des Tages trübe geblieben sei. Die Beobachtung sei unter ausgezeichnet günstigen atmosphärischen Verhältnissen und mit Vergrösserungen von 100 bis 400 angestellt. Man sieht, dass diese Beobachtung sich auf wirkliche Sonnenflecke bezieht, und dass zu Toulouse am 12. Februar 1864 11^h 45^m Morgens noch nichts Planetenähnliches auf der Sonne bemerkt wurde. Um 11^h 45^m (also astronomisch Febr. 11. 23^h 45^m) mittlere Zeit Toulouse, war aber allerdings die Sonne zu New-York noch gar nicht aufgegangen. Denn nach Arago ist Toulouse (neue Sternwarte) 43^0 $36'$ $47''$ und 0^h 3^m 30^s westlich von Paris, New-York (Columbia Collegium) 40^0 $42'$ $45''$ und 5^h 5^m 22^s westlich von Paris. Hiernach ging die Sonne zu New-York Februar 11. auf um 19^h 0^m mittlere New-Yorker Zeit und dies ist also = Februar 12. 0^h 2^m mittlere Toulouser Zeit.

S. 237 Z. 17 v. o. lies Finsterniss statt Finsternisse.
„ 238 „ 3 „ „ „ Ermittelung statt Entwickelung.
„ 240 „ 19 „ „ „ Sagittarii statt Sagittarii.

Im Uebrigen bedarf die auf dieser Seite vom Referenten ausgesprochene Vermuthung, dass σ Sagittarii wohl nicht mehr Licht besitzen werde, als β canis minoris der Berichtigung, indem nach *Argelander's* Uranometrie pag. 108, die Angaben lauten:

σ Sagittarii 2 . 3 magnit.
κ Orionis 3 . 2 „
β canis min. 3 . 0 „

S. 241 Z. 4 v. u. lies wenn statt wie.
„ 244 „ 11 „ „ „ aus den statt und die.
„ 246 „ 9 „ „ „ alle Theile statt allen Theilen.
„ 246 „ 4 „ „ „ allenfalls statt ebenfalls.

„ 248. Die Note kann dahin vervollständigt werden, dass *Wargentin* in einem in der Privatbibliothek des Herrn *George Rümcker* zu Hamburg befindlichen Werke nur äussert, „dass die Beobachtungen eines angeblichen Venussatelliten stets nur mit grosser Eile hätten gemacht werden können.“

S. 249 Z. 14 v. o. lies Huntingdon statt Hatingdor.
„ 250 „ 12 v. u. „ Importanz statt Importenz.
„ 250 „ 3 „ „ muss hinter der Zahl 1740 das Klammerzeichen wegfallen.
„ 253 „ 3 „ „ lies drei Mal statt kein Mal.

Ergänzungen und Druckfehler-Verzeichniss

zum 1. Hefte des 3. Bandes der Zeitschrift für populäre Mittheilungen aus dem Gebiete der Astronomie etc.

S. 3 Z. 5 v. o. lies mir statt nur.
Was den dort genannten *Abraham Scheuten* betrifft, so führt *Benzenberg* (Sternschnuppen 1839 pag. 260) über denselben an, dass nach einer Mittheilung des Schullehrers *Höninghaus* zu Crefeld (anscheinend vom Jahre 1802) *Scheuten* ein menonitischer Kaufmann gewesen sei, der selber ein Fernrohr gehabt habe, das aber wahrscheinlich nicht achromatisch gewesen sei.

S. 6 Z. 3 v. u. lies Gesichtsfelde statt Gesichsfelde.
„ 21 „ 6 „ „ „ nach dem Eintritte noch eine annullirende Wirkung für St. Domingos haben konnte.
„ 34 „ 7 v. o. „ vortrefflichen statt verwerflichen.
„ 36 „ 16 „ „ „ curtirten statt cuntirten.

Zu Seite 38. Wie misslich es überhaupt sein würde, wenn man über den Durchgang eines planetarischen Körpers vor der Sonnenscheibe weiter nichts erfährt, als dass ein solcher Transit etwa 5 Stunden gedauert haben soll — sofort zu schliessen, dass bei dieser Gelegenheit (selbst wenn der Vorübergang ein centraler gewesen und der volle Durchmesser der ⊙scheibe durchlaufen ist, ohne dass über die Richtung des Laufes und die Neigung der relativen Bahn gegen die Ecliptik das Mindeste bekannt ist) der Planet von der ⊙ in noch geringerer Entfernung als ☿ sich befunden habe, ergiebt ein Blick auf die am Schlusse gegebene Tafel, die für die Beurtheilung der hier vorliegenden Angelegenheit im Allgemeinen um so mehr der leichteren Uebersicht wegen von Nutzen sein kann, da zu deren genereller Aufstellung es bislang an praktischen Motiven gefehlt haben mag. Der Construction der Tafel liegt die Annahme zum Grunde, dass die Conjunction in den Knoten selbst fallen, also der Durchgang ein centraler sein soll. Bezeichnet sodann

$a = r$ den Halbmesser der (Kreis)bahn des subtellurischen Planeten.
$\triangle$ dessen Entfernung von der Erde (hier stets $= 1 - a$ angenommen).
R den Halbmesser d. Sonnenscheibe (hier constant $= 960''$ angenommen).
π die Sonnenparallaxe (ebenfalls constant hier $= 9''$ angenommen).
k die heliozentrische Winkelbewegung der Erde während einer Stunde (hier constant $= 148''$).
L die heliozentrische Winkelbewegung des subtellurischen Planeten in der (Kreis)bahn während einer Stunde.
λ dessen heliozentrische Bewegung in Länge } während 1 Stunde.
β " " " " Breite } während 1 Stunde.
i die Neigung der Planetenbahn gegen die Ecliptik.
ω " " " relativen Bahn.

Setzt man ferner $\beta = L \sin i$; $\lambda = L \cos i$; $\tan \omega = \frac{\beta}{\lambda - k}$;

$f = \frac{\beta}{\sin \omega} = \frac{\lambda - k}{\cos \omega} = \sqrt{(\lambda - k)^2 + \beta^2}$; schliesslich $x = \frac{\triangle R}{a} + \pi$;

so ist (mit einer, für ein blosses Beispiel vielleicht ausreichenden Annäherung) für die Erde überhaupt die in Stunden ausgedrückte Passagezeit (d) des Mittelpunkts des Planeten beim centralen Durchgang vor der Sonnenscheibe $d = \frac{2x}{f}$.

Bei Construction der Tafel sind nur heliozentrisch rechtläufige Bewegungen ins Auge gefasst, die Bahnneigungen aber von $i = 0^0$ bis zu $i = 90^0$ berücksichtigt.

Für $i = 0$ ist auch $\omega = 0$, $\lambda = L$, $\beta = 0$, $f = \lambda - k$.
„ $i = 45^0, \beta = \lambda$.
„ $i = 90^0, \beta = L, \lambda = 0$; $\lambda - k$ wird also hier stets negativ $= -148''$.
u. tang $\omega = \frac{\beta}{-k} = \frac{\beta}{-148''}$.

Auch für kleinere Neigungen kann jedoch bei grossem Sonnenabstande und bei grosser Annäherung des Planeten an die Erde, ω schon ein stumpfer Winkel und daher die Bewegung selbst geozentrisch rechtläufig werden.

In der Tafel sind einige dieser Fälle durch schräge Ziffern für d bezeichnet.

Auch ist in der Tafel durch □ beispielsweise angedeutet, bei welchem ⊙Abstand für einen Planeten von bestimmter Neigung, die Zeit seines centralen Durchgangs, nahezu ein Maximum wird. Hat ein Planet z. B. 34^0 reelle Neigung, so ist der Sonnenabstand, wo er das Maximum des Durchgangs mit $6^h\ 19^m$ erreicht $= 0.5$; bei 12^0 Neigung Maximal-Zeit $7^h\ 30^m$ bei ⊙Abstand $= 0.70$; 7^0 Neigung mit max. $7^h\ 59^m$ bei ⊙Abstand 0.80. Grössere oder kleinere Abstände würden bei derselben Neigung der Bahn doch stets kleinere Durchgangszeiten ergeben, so z. B. bei 12^0 Neigung und ⊙Abstand $= 0.95$ centrale Durchgangszeit nur $3^h\ 29^m$.

S. 44 Z. 10 v. o. sind die Worte (wo $q = 0{,}7203$) zu streichen.
„ 55 „ 6 „ „ lies den Flecken statt dem Flecken.
„ 55 „ 14 „ „ lies Bilder für Juni 4 u. 5 statt Bilder für Juni 5.

Zu Seite 56 (Schluss.) Herr Staatsrath *Mädler* aus Dorpat, dem bei dessen Anwesenheit zu Hannover im Sommer 1863 Referent Gelegenheit nahm, den *Staudacher*'schen Folianten ebenfalls zur Prüfung vorzulegen, theilte die Ansicht, dass die fragliche *Staudacher*'sche Beobachtung mit höchster Wahrscheinlichkeit auf 1762 Febr. 13 zu setzen sei, völlig.

S. 57 Z. 10 v. o. lies beiläufige statt beiläufig.
„ 58 „ 12 „ „ ist das Wort „mir" zu streichen.
„ 60 „ 9 „ „ lies Fernrohr statt Fernrokr.

Zur Figur Seite 61. Der auf dem Schaft des Pfeiles befindliche Punkt soll das Object der *Jaennicke*'schen Beobachtung bezeichnen.

Correctionen in der Figurentafel A.

Unten links lies ♄ 1761 Febr. 10 statt ♄ 1765 Febr. 10.
An der rechten Seite lies ♉ 1761 Juni $\frac{5}{6}$. statt Jan. $\frac{5}{6}$.

a	△	Siderische Revol. t	Stündl. Bewegung in Bahn L	log. 2x	Dauer des Durchgangs in Stunden und Minuten bei Neigung. 0°	3° 30′	7°	12°	24°	34°	45°	90
0.05	0.95	4ᵈ.0837	13223″	4.56227	2h 47m	—	—	—	—	—	2h 46m	2h 4
0.10	0.90	11ᵈ.5504	4675″	4.23800	3h 47m	—	—	—	—	—	3h 47m	3h 4
0.15	0.85	21ᵈ.2195	2544″	4.03735	4h 33m	—	—	—	—	—	4h 29m	4h 1
0.20	0.80	32ᵈ.6696	1653″	3.88638	5h 7m	—	—	5h 6m	—	—	4h 58m	4h 3
0.25	0.75	45ᵈ.6578	1183″	3.76178	5h 35m	—	—	—	—	—	5h 20m	4h 5
0.30	0.70	60ᵈ.0177	900″	3.65302	5h 59m	—	—	5h 58m	—	—	5h 37m	4h 5
0.35	0.65	75ᵈ.6310	714″	3.55437	6h 20m	—	—	—	—	—	5h 48m	4h 5
0.40	0.60	92ᵈ.4038	584″	3.46210	6h 39m	—	—	—	—	6h 11m	5h 54m	4h 4
0.45	0.55	110ᵈ.260	490″	3.37376	6h 59m	—	—	—	—	6h 16m	5h 56m	4h 3
0.50	0.50	129ᵈ.138	418″	3.28735	7h 12m	—	7h 8m	7h 3m	6h 42m	6h 19m	5h 52m	4h 2
0.55	0.45	148ᵈ.985	362″	3.20110	7h 26m	—	7h 20m	7h 13m	6h 46m	6h 15m	5h 43m	4h
0.60	0.40	169ᵈ.756	318″	3.11327	7h 38m	—	7h 32m	7h 23m	6h 44m	6h 7m	5h 28m	3h 5
0.65	0.35	191ᵈ.412	282″	3.02195	7h 51m	—	7h 43m	7h 28m	6h 37m	5h 51m	5h 6m	3h 1
0.70	0.30	213ᵈ.917	252″	2.92428	8h 5m	—	7h 49m	7h 30m	6h 22m	5h 28m	4h 28m	2h 5
0.75	0.25	237ᵈ.241	228″	2.81823	8h 14m	—	7h 57m	7h 25m	5h 58m	4h 55m	4h 6m	2h 2
0.80	0.20	261ᵈ.356	207″	2.69723	8h 26m	8h 23m	7h 59m	7h 8m	5h 21m	4h 14m	3h 24m	1h 5
0.85	0.15	286ᵈ.237	189″	2.55242	8h 42m	8h 34m	7h 53m	6h 37m	4h 26m	3h 22m	2h 39m	1h 2
0.90	0.10	311ᵈ.861	173″	2.36549	9h 17m	8h 33m	7h 14m	5h 34m	3h 15m	2h 24m	1h 51m	1h
0.95	0.05	338ᵈ.208	160″	2.07577	9h 55m	8h 6m	5h 27m	3h 29m	1h 50m	1h 19m	1h 0m	0h 3

Für einen Planeten, bei dem a = 0.980273, △ = 0.019727, t = 354ᵈ.512, log. 2x = 1.7531079, wäre beim centralen Durchgange die Passagezeit bei

i	d	i	d
0°	14h 10m	12°	1h 47m
1°	11h 48m	18°	1h 12m
2°	8h 31m	24°	0h 54m
3,°5	6h 39m	34°	0h 38m
5°	4h 5m	45°	0h 30m
7°	3h 5m	90°	0h 16m